

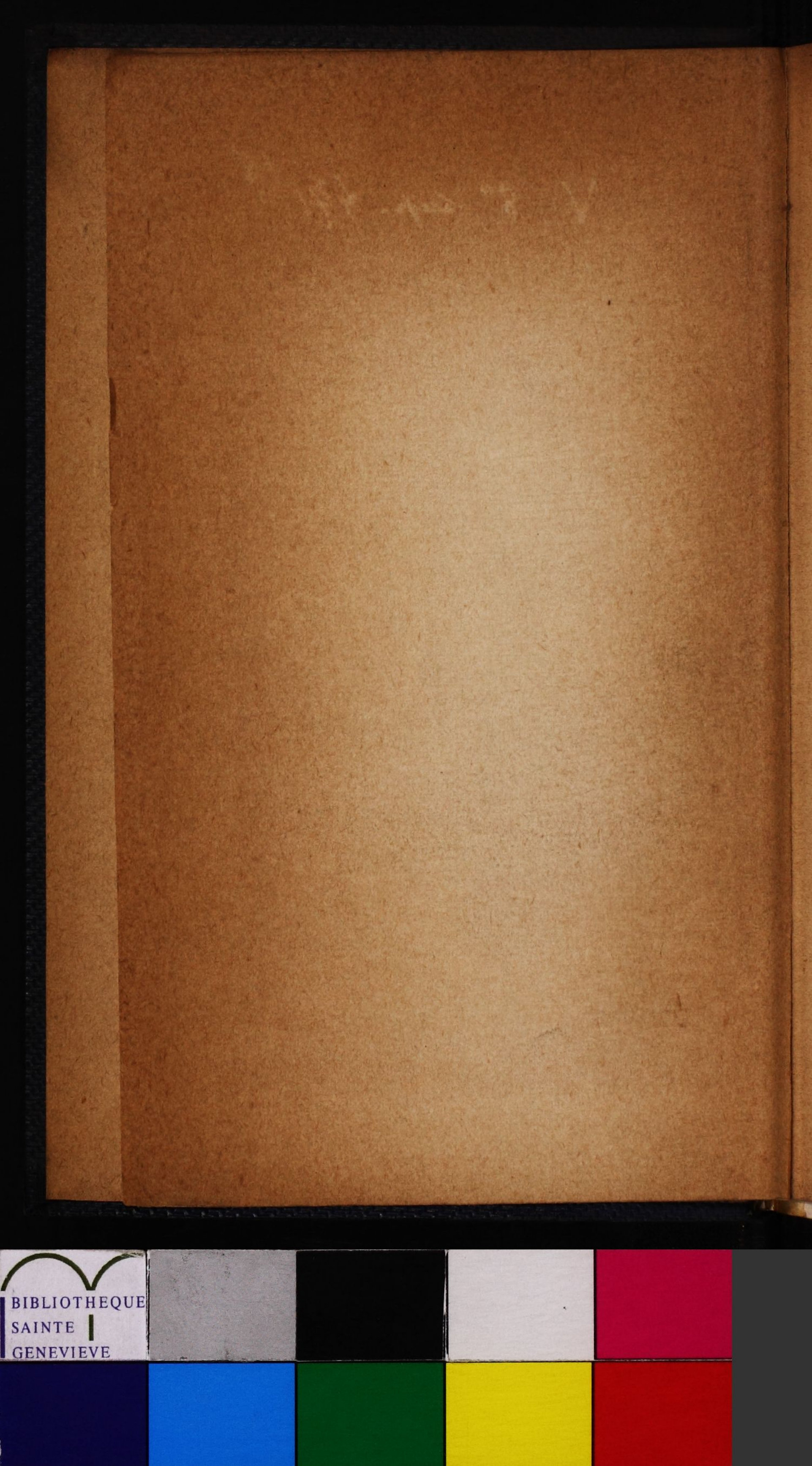
REY

FERMENTS
ET
FERMENTATIONS

HUBÉLA





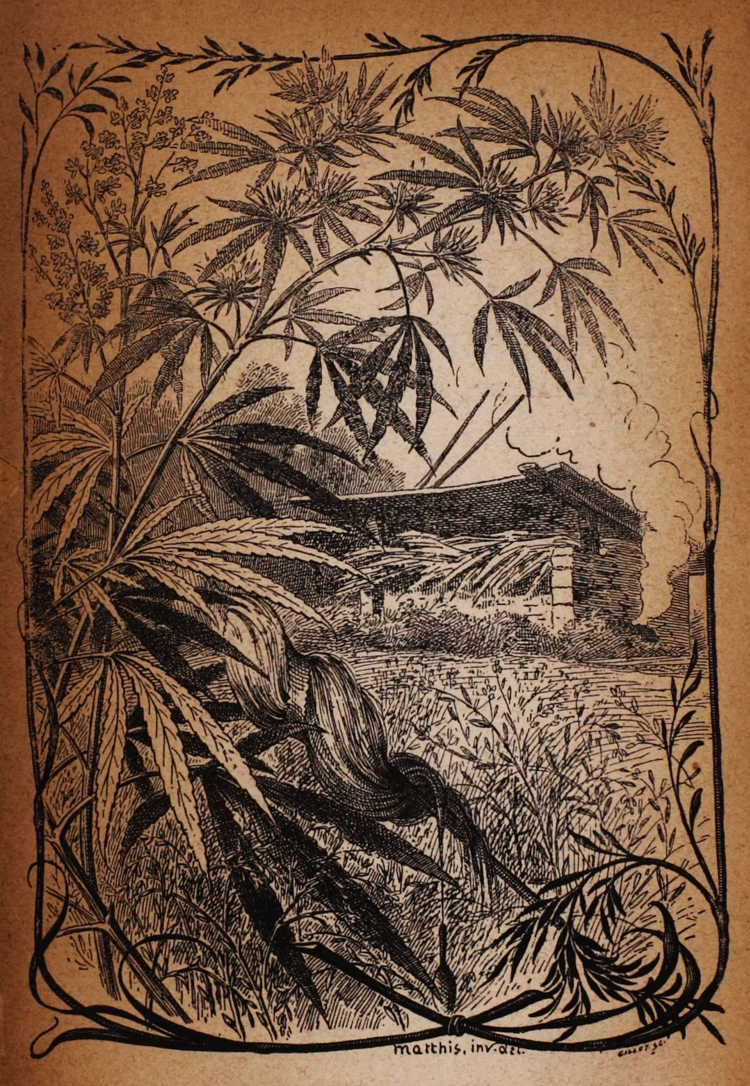

BIBLIOTHEQUE
SAINTE
GENEVIEVE

BIBLIOTHÈQUE DES PROFESSIONS
INDUSTRIELLES, COMMERCIALES ET AGRICOLES

ÉCONOMIE DOMESTIQUE, MÉLANGES.

SÉRIE I

N° 3



COLLECTION HETZEL

BIBLIOTHÈQUE DES PROFESSIONS
INDUSTRIELLES, COMMERCIALES ET AGRICOLES

FERMENTS

ET

FERMENTATIONS

TRAVAILLEURS & MALFAITEURS MICROSCOPIQUES

PAR I. A. REY

DESSINS DE E. MATTHIS

Économie
domestique.
Mélanges.

Série I
N° 3



PARIS
J. HETZEL ET Cie ÉDITEURS
18, RUE JACOB, 18
1887

PARIS. — IMPRIMERIE GAUTHIER-VILLARS,
55, QUAI DES GRANDS-AUGUSTINS.

PRÉFACE

Ce livre s'adresse :

A la jeunesse, pour qui je me suis efforcée de traduire, dans une langue à sa portée, l'explication de phénomènes que nous avons tous les jours sous les yeux;

Aux personnes peu initiées aux sciences, mais curieuses de savoir les découvertes qui ouvrent à l'esprit de nouveaux horizons, et de connaître les infiniment petits êtres qui viennent de se révéler au monde savant;

Enfin, à ceux qui, sans être étrangers à l'étude de l'histoire naturelle, ne se soucient pas de compulser les mémoires, et désirent avoir sur les microbes un travail d'ensemble.

On peut aussi considérer ce livre comme une introduction à la Botanique. C'est dans ce but que je l'ai conçu. Lorsque j'ai commencé à l'écrire, il ne devait être que le premier chapitre d'un ouvrage de vulgarisation. Mais, chemin faisant, il s'est accru des

faits récemment acquis ; chaque jour lui en apportait qui me semblaient trop importants, et là, trop bien à leur place, pour ne pas les y consigner. C'est ainsi que le chapitre des *Ferments* est devenu un volume.

Ayant en vue plusieurs classes de lecteurs, j'ai mis en notes les formules chimiques et les détails qui m'ont paru susceptibles d'intéresser quelques-uns. Ceux que l'aridité de ces développements effaroucherait pourront ainsi ne pas les lire.

INTRODUCTION

Il est des végétaux si petits que les mousses, lorsqu'on les compare avec eux, semblent être des arbres d'une prodigieuse grandeur. Que dis-je, les mousses! Certains lichens mêmes, dont la forme échappe par sa petitesse à l'œil humain, et dont, au premier aspect, la présence ne se révèle à nous que par des colorations diverses sur les arbres et les pierres où ils vivent, sont encore des géants auprès d'eux. Aussi sont-ils restés inaperçus durant des milliers d'années, presque jusqu'à nos jours, et ils seraient encore pour nous dans le néant, sans la grande invention du seizième siècle, le merveilleux instrument qu'on appelle le microscope.

La boussole avait, au siècle précédent, conduit Christophe Colomb au delà des mers et donné l'Amérique; le microscope fit surgir de l'inconnu tout un monde. A ce moment, l'*infiniment petit* apparut à côté de l'*infiniment grand*, et lui disputa l'empire de l'humaine curiosité.

L'heureux investigateur qui aborda le premier dans ce nouveau monde fut Leuwenhoëk. Il aperçut les êtres microscopiques, les *microbes*, ainsi qu'on les nomme aujourd'hui, innombrables comme les étoiles dans l'immensité. Il n'en soupçonna pas la nature; mais, les avoir vus, avoir signalé un univers dont les limites reculent

sans cesse devant nos instruments plus perfectionnés, c'était assez pour l'ambition d'un savant et l'étonnement de son siècle.

Depuis une quarantaine d'années seulement on s'est mis à les étudier, ces minuscules, et pourtant que de bruit déjà n'ont-ils pas fait autour de nous! De combien d'efforts, de labeurs, de théories, de luttes passionnées n'ont-ils pas été l'objet, comme si de leur sort dépendait celui de l'homme lui-même!

L'opinion semble être désormais fixée sur la nature végétale de ceux dont nous parlerons ici. Un grand nombre, ayant été observés dans les sucs de fruits et autres substances en fermentation, ont été nommés *ferments*. Simples entre tous, ils sont comme l'aurore de la vie, qui se développe, après eux, dans les fines moisissures, les algues rubanées, les doux tapis de mousse, les verts gazons, les corolles aux mille couleurs et les arbres gigantesques.

Leur fécondité tient du prodige; en quelques heures ils surgissent en prairies et en forêts inextricables, en des lieux où jamais l'imagination n'eût osé soupçonner le moindre essai de végétation. C'est une flore encore à peine explorée, riche de trésors et de poisons.

Si quelques savants se refusent à considérer les microbes comme les auteurs des transformations opérées dans les matières qui fermentent, d'autres, et c'est le plus grand nombre, jugent leur concours indispensable dans la fabrication du vin, de la bière, du cidre, du vinaigre, de l'hydromel, du fromage, du pain, etc. A leur dire, les microbes remplissent un rôle considérable dans la nature; ils décomposent les corps qui ont cessé de vivre; ils en restituent les éléments au sol et à l'atmosphère; de la mort ils dégagent les matériaux nécessaires pour de nouvelles existences.

S'il est vrai que vous travailliez pour nous, petits êtres mystérieux, pourquoi ne vous renfermez-vous pas

dans ce rôle de puissance utile et féconde? Pourquoi faut-il, hélas! qu'on ait reconnu parmi vous de terribles malfaiteurs, dont les uns empoisonnent ou détruisent nos aliments, tandis que d'autres s'introduisent jusque dans nos artères pour nous donner la mort? Pourquoi vous laissez-vous accuser d'être les propagateurs de la peste, du choléra, de la fièvre jaune, de la malaria, de la scarlatine et autres fléaux de l'humanité? Est-ce une calomnie, est-ce une médisance? Votre procès s'instruit.

Inutile de le dire, je n'ai nul désir de gonfler un ballon de vaines imaginations, pour m'élancer à la recherche d'un *pourquoi*, dans les régions de la métaphysique. Je veux simplement me renfermer dans le domaine des faits, raconter ce que l'on sait de la vie des ferments et de quelques autres microbes végétaux qui ont avec eux de grandes ressemblances.

Il m'a paru intéressant de rapprocher de l'étude de ces microscopiques l'histoire succincte des produits qu'on attribue à leur action, des services qu'ils nous rendent et des désastres qu'ils nous causent. Nous préserver des maux qu'ils engendrent est la grande préoccupation actuelle. Nous sommes encore impuissants contre la plupart d'entre eux, parce que nous commençons à peine à les connaître. Mais déjà des triomphes partiels nous sont d'heureux présages. Qui le sait? Domptés par la science, comme l'ont été les vents, les flots, la vapeur et la foudre, ceux de ces invisibles qui pour nous sont encore redoutables deviendront peut-être un jour des forces à notre service, pour nos travaux ou nos plaisirs.

TRAVAILLEURS & MALFAITEURS

Microscopiques

MICROBES — FERMENTS

CHAPITRE PREMIER

FERMENTATION ALCOOLIQUE

SACCHAROMYCES ELLIPSOÏDES

LE VIN

I. Légende. — Fermentation tumultueuse. — Fermentation lente ou complémentaire.
II. Sucre. — Carbone. — Hydrogène. — Oxygène. — Azote. — Air. — Combustion. — Eau. — Alcool. — Acide carbonique. — Phénomènes chimiques.
III. Ferment alcoolique. — Protoplasme. — Cellules. — Règne organique et règne inorganique. — Animaux et végétaux.
IV. Algues et champignons. — Saccharomyces ellipsoïdes.
V. Mode d'alimentation du Saccharomyces. — Sa reproduction et ses mœurs. — Son industrie. — Vins secs. — Vins liquoreux. — Vins rouges. — Vins blancs. — Vins mousseux.
VI. Un mot sur l'histoire du vin.

I

Dionysos voyageait en Arabie. Un jour qu'il venait de gravir une pente rocailleuse et tout ensoleillée, de grands arbres se présentèrent à sa vue. Leurs troncs

noueux se tordaient sur un sol aride, leurs branches flexibles retombaient jusqu'à terre, couvertes de larges feuilles et de petits fruits noirâtres.

Dionysos était accablé de fatigue, de chaleur et de soif. Il s'assit à l'ombre de ces branches, et se désaltéra de leurs fruits.

A ses pieds se trouvait une jeune plante, évidemment fille de l'un de ces vieux arbres. Toute petite, sa tige ne portait encore qu'un bourgeon et deux feuilles mignonnes (fig. 1). Dionysos songea à la Grèce, à ses coteaux. Il se pencha vers la tige naissante, la déracina et l'emporta.



Fig. 1. — Bourgeon et deux feuilles.

Mais le soleil était ardent et le fin bourgeon était frêle. Dionysos, apercevant un os d'oiseau, le prit, et dans sa cavité introduisit la plante.

Celle-ci, portée par le dieu, grandit si vite que son sommet et ses racines furent bientôt à découvert. Un os de lion, dans lequel entra l'os d'oiseau, devint pour elle un nouvel abri.

Grandissant encore, elle sortit de l'os de lion, et celui qui lui prodiguait ses soins ne trouva plus pour la protéger qu'un os d'âne, dans lequel il plaça l'os de lion.

Le fils de Jupiter franchit l'Archipel et arriva à Naxia, dans l'île de Naxos. La plante émergeait de l'os d'âne. Ses deux premières feuilles s'étaient desséchées ; mais d'autres, issues du bourgeon et devenues plus larges que

la main, s'étalaient élégantes avec cinq lobes profondément découpés et déchiquetés sur leurs bords en petites dents de scie. De la tige s'étaient élancées aussi des vrilles fourchues semblables à de longs doigts grêles. Et ces vrilles, ainsi que les extrémités de la racine, s'étaient si bien cramponnées à l'os d'oiseau, à l'os de lion et à l'os d'âne, qu'on n'eût pu, sans blessures pour elles, les en séparer.

Dionysos déposa la plante, ainsi revêtue d'une triple cuirasse, dans un lit de terre, laissant à l'air la tête couronnée de feuillage.

La tige continua de grandir si rapidement qu'elle ne put grossir. Svelte et faible, elle prit pour soutien le premier arbre qui s'offrit, y grimpa et, à l'aide de ses vrilles, s'y attacha.

Grandissant toujours, ses plus hautes branches dépassèrent leur support; alors elles s'élancèrent sur un autre, sur un troisième et sur un autre encore. Elles enchaînèrent de leurs guirlandes tous les arbres d'alentour, formant d'admirables voûtes de verdure.

Aux rameaux étaient suspendues des grappes de fleurs (fig. 2 et 3) dont les corolles, plus petites encore que celles des bleus myosotis, ne se paraient point des nuances azurées du ciel, mais portaient simplement la couleur des tiges et des feuilles. Aussi passaient-elles souvent inaperçues; et c'était grand dommage, car il eût été curieux de voir leurs cinq petits pétales verts se redresser, s'unir et se souder entre eux à leur sommet, puis se détacher de la fleur, à leur base, et former ainsi un parasol, un toit, ou plutôt la coupole du petit temple où le fruit devait naître.

Puis les coupoles disparaissaient, emportées par le vent, et l'on apercevait de petites baies vertes (fig. 4) qui peu à peu se développaient et bientôt se teintaient de jaune d'or ou de noir bleuâtre, en se gonflant d'un jus délicieux.

Dionysos pressa ces baies et, du suc qui en jaillit, fit une liqueur qu'il donna aux hommes.

Alors un grand prodige se manifesta.

Quand les hommes commençaient à boire cette liqueur, ils chantaient comme des oiseaux; s'ils buvaient un peu



Fig. 2 et 3. — Rameaux et fleurs de la vigne.

plus, ils acquéraient la force des lions; mais lorsqu'ils buvaient beaucoup, leurs têtes s'alourdissaient, leurs corps s'affaissaient, et ils devenaient stupides comme des ânes.

Telle est la légende que nous a léguée la Grèce.

Dans la plante de Dionysos nous avons reconnu la Vigne, qui, sous le chaud soleil d'Asie, peut atteindre des proportions gigantesques ; et le récit mythologique nous donne, à la manière antique, l'origine des propriétés merveilleuses du breuvage que nous nommons le vin.

Mais cette explication, qui pouvait satisfaire des peuples primitifs, est devenue pour nous trop naïve; elle ne saurait suffire au cerveau moderne, habitué à la

précision scientifique, et dont la curiosité fouille les faits dans leurs moindres détails, les pèse, les mesure, les analyse et les classe.

Les savants, de nos jours, ont observé, recherché, passé en revue chacun des phénomènes qui se produisent quand le jus du raisin, épais, sucré, anodin, tel que nous

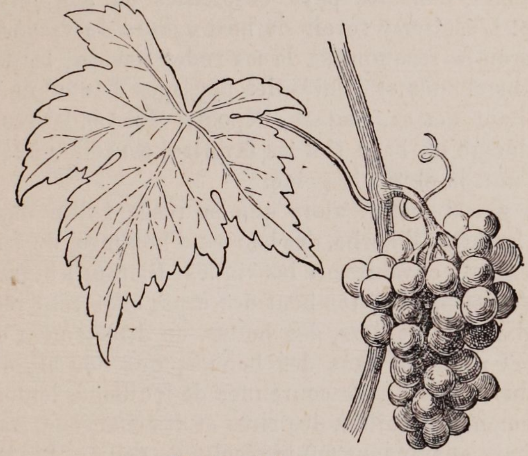


Fig. 4. — Baies vertes.

l'offre la nature, se transforme en un autre liquide doué de propriétés nouvelles ; et ils ont découvert là une intervention merveilleuse.

L'homme qui, à l'exemple de Dionysos, s'est cru le réel fabricant du vin, doit désormais reconnaître sa présomptueuse erreur. De ses mains, il est vrai, il recueille la matière première, le jus des grappes; mais, dès qu'il l'a déposée dans la cuve, une série de phénomènes commence, auxquels il est absolument étranger. La transformation s'accomplit comme si quelque mystérieux opérateur, chimiste habile, magicien incomparable, était venu soudain se substituer à lui.

Il en est ainsi en effet.

Néanmoins l'homme est si fier du résultat obtenu, que c'est avec une joie exubérante qu'il se remet chaque année au même travail. On sait quelle fête éclaire le soleil de vendémiaire, au temps des vendanges.

Les vendanges ! Que de joyeux souvenirs se réveillent à ce mot, dans les pays ensoleillés où l'on cultive la vigne ! L'écolier y revoit de beaux jours de vacances, le vigneron la récompense de ses rudes travaux, le peintre les tons chauds et colorés des paysages d'automne. Pour l'habitant des campagnes, l'époque des vendanges, surtout lorsqu'un beau ciel les favorise, est celle où le plaisir s'unit le plus à la peine.

De grand matin, alors que la rosée brille déjà sur tous les brins d'herbe, des bandes d'hommes, de femmes et d'enfants envahissent les vignes. Bientôt les grappes, blondes et brunes, tombent des ceps ; elles sont recueillies dans des paniers, des hottes, ou directement entassées et pressées dans des bennes, que l'on aligne sur des chars. Des bœufs couronnés de feuillage, lentement, gravement, au milieu des rires et des chansons, traînent les chars et transportent la récolte au cellier. Là, les raisins sont jetés dans une immense cuve où s'élancent les fouleurs : les grains se détachent de leurs pédoncules, les enveloppes éclatent, les pulpes s'écrasent et le liquide s'épanche.

Mais voici le moment des merveilles. Au bout de quelques heures, si l'on s'approche de la cuve, on se sent enveloppé d'émanations tièdes ; le liquide s'agite, s'échauffe, écume ; les grappes mutilées surnagent comme des épaves, et l'on entend un crépitement semblable à celui que ferait une petite pluie fine tombant sur des vitres. C'est le jus du raisin qui bout, qui *fermente*[1].

Malheur à qui entrerait en ce moment sans précau-

1. Fermenter vient du latin *fervere*, bouillir.

tions dans la cuve ; malheur à qui se pencherait vers la surface, car il s'en dégage un gaz plus pesant que l'air et dans lequel s'éteint toute flamme : l'*acide carbonique*.

L'acide carbonique? N'est-ce point ce gaz qui s'exhale aussi des charbons allumés ? — Lui-même. Il sort également de nos poumons, dans l'acte de la respiration, et vicie l'air autour de nous. C'est lui que les enfants insufflent dans l'eau de savon, quand ils font ces jolies bulles irisées qui, toutes tremblantes, s'échappent de leurs chalumeaux de paille.

Il y a de l'acide carbonique dans l'eau de Seltz, dans la bière, dans le vin de Champagne. Emprisonné dans les bouteilles, il fait sauter les bouchons en l'air et se précipite en mousse neigeuse dans nos verres.

C'est encore l'acide carbonique...

Mais nous n'en finirions pas, si nous voulions énumérer tous les lieux et toutes les substances où on le rencontre. Reconnaissons seulement ici ses propriétés bienfaisantes ou nuisibles, suivant qu'on le boit ou qu'on le respire, et revenons à notre cuve, où il joue un rôle important. Là, nous le retrouvons en bulles gazeuses qui viennent crever à la surface, et nous constatons que la température élevée, les mouvements et les bruits durent quelques jours ; puis le tumulte s'apaise, la chaleur diminue et tout redevient calme.

Une deuxième fois, les fouleurs pénètrent dans la cuve, une deuxième fois le jus du raisin, le *moût*, ainsi qu'on le nomme, s'échauffe, bouillonne et laisse échapper des bulles d'acide carbonique. C'est la *fermentation* qui recommence pour se prolonger encore quelques jours.

Enfin tout rentre de nouveau dans le repos, le silence. Alors on recueille dans des tonneaux la partie liquide, et, à l'aide d'un pressoir, on exprime le jus que les débris des grappes recèlent. Mais, ô prodige ! une transforma-

tion admirable s'est opérée; le moût, auparavant épais, blanc jaunâtre et trouble, s'est changé en une liqueur vermeille qui déjà possède une saveur vineuse, celle du *vin doux*. Et lorsqu'à cette *fermentation tumultueuse* dans la cuve de vendange aura succédé une *fermentation complémentaire*, celle-ci lente, inaperçue, et dont la durée dans les tonneaux peut varier, suivant la nature du raisin, de quinze jours à quatre mois, la liqueur sera limpide, transparente et d'une couleur plus vive; elle répandra dans nos veines une douce chaleur, donnera de la vigueur à nos muscles, de la vivacité à notre esprit: le moût sera devenu vin.

Si, dans l'étude de la nature, dans celle surtout qui touche à la manifestation de la vie, on se laissait aller au plaisir d'être émerveillé, on serait arrêté à tout instant; les métamorphoses succèdent aux métamorphoses, les prodiges aux prodiges. Dans cette transformation qui nous a procuré le vin, une substance a disparu, le sucre; d'autres se sont produites, parmi lesquelles, et en de fortes proportions, l'alcool et l'acide carbonique.

Qu'est donc devenu le sucre du jus de raisin? D'où proviennent l'alcool du vin et l'acide carbonique, ce gaz dangereux qui s'est échappé de la cuve?

Pour comprendre ces phénomènes, il convient d'ouvrir une parenthèse et de faire un peu de chimie.

II

Les chimistes, ces grands magiciens, qui font à leur gré de beaux verres transparents avec les sables des rivages, des papiers blancs comme neige avec du bois ou d'affreux chiffons, et mille autres métamorphoses aussi surprenantes, les chimistes, disons-nous, démontrent que le sucre est composé de trois éléments qui sont : le *carbone*, l'*hydrogène* et l'*oxygène*.

Le *carbone* n'est pas autre chose que du charbon absolument pur à l'état gazeux.

Eh quoi! du charbon dans le sucre? — Sans doute. Il y en a aussi dans le pain, les côtelettes, les légumes, les fruits, etc. En effet, lorsque nous faisons griller du pain, des côtelettes, des pommes de terre ou des marrons, et que nous les oublions trop longtemps sur le feu, que deviennent-ils? — Du vrai charbon. — Et ce charbon, d'où sort-il? où était-il auparavant? — Il se trouvait dans tous ces aliments; mais il y était combiné avec d'autres substances qui le rendaient invisible. Décomposées par la chaleur, celles-ci se sont échappées sous forme de gaz, laissant le charbon à découvert. Il suffit alors que nous augmentions la température du foyer, pour que ce charbon change d'état à son tour et que, devenu gazeux, il se disperse dans l'atmosphère. Le carbone entre dans la constitution des tissus animaux et végétaux; de même, il se combine avec les minéraux jusque dans les profondeurs du globe. Lorsqu'il est absolument pur et cristallisé, il nous offre le diamant. Ainsi le diamant si rare, si limpide, si étincelant de toutes les couleurs de l'arc-en-ciel, ne diffère pas chimiquement du charbon de nos foyers.

L'*hydrogène* est un gaz quatorze fois et demie plus léger que l'air; aussi l'employons-nous pour gonfler nos aérostats[1]. Avec lui, l'homme s'élève dans l'atmosphère, il monte, il plane au-dessus des nuages, au-dessus des orages.... La terre est à ses pieds. Porté par l'hydrogène, que d'espace l'aéronaute franchit, qu'il voit de haut les vanités humaines, dans ces plaines de l'air d'où les hommes apparaissent, sans distinction aucune, infimes, égaux, identiques comme des fourmis, quand ils ne sont pas invisibles! Montera-t-il toujours?... jusqu'aux étoi-

1. Aujourd'hui on se sert, en général, du gaz d'éclairage, combinaison d'hydrogène et de carbone.

les? — Non, lorsque le ballon, dans les hautes régions où l'air est de moins en moins dense, ne sera pas plus léger que cet élément, il cessera de s'éloigner de la terre.

L'hydrogène et le carbone se montrent souvent unis dans la nature; les sources inflammables, connues sous le nom de fontaines ardentes, et le terrible feu grisou des mines, sont produits par des combinaisons de ces deux corps ; le gaz qui nous éclaire est lui- même de l'hydrogène carboné.

Quant à l'*oxygène*, qui entre dans la composition de l'air, il est l'agent de vie par excellence. Que, pour une cause quelconque, il disparaisse ou n'arrive pas jusqu'à nos poumons, bientôt la mort survient. Lorsque du bois ou des charbons enflammés nous réchauffent, lorsqu'une bougie ou l'huile d'une lampe nous éclaire, leur chaleur et leur lumière résultent de la combinaison de l'oxygène de l'air avec le carbone, l'hydrogène et les divers autres éléments dont ces substances sont composées.

Le gaz issu de l'union de l'oxygène avec le carbone est l'acide carbonique. Nous le connaissons déjà[1]. C'est un des grands facteurs de la nature : il porte le carbone de l'animal à la plante.

L'oxygène de l'air, avons-nous dit, se combine encore avec l'hydrogène contenu dans le bois, dans les charbons, dans la bougie, dans l'huile, et il se forme... qui le devinerait?... de la vapeur d'eau. Oui, de la vapeur d'eau que le froid condense en gouttelettes liquides, en tout semblables à l'eau que nous buvons, moins les impuretés que l'on trouve toujours dans cette dernière.

Ainsi l'eau, qui éteint le feu, est faite de deux gaz

1. La combinaison de l'oxygène et du carbone donne aussi naissance à un autre composé dans lequel l'oxygène entre en moins grande proportion, l'*oxyde de carbone*, dont la flamme est bleue, et qui est plus dangereux encore à respirer que l'acide carbonique. Ce gaz se produit surtout lorsque le charbon brûle dans un milieu mal aéré. Il est donc très important, au point de vue hygiénique, d'aérer largement les pièces dans lesquelles on brûle du charbon.

inflammables, l'hydrogène et l'oxygène; et non seulement il est possible de voir de l'eau sortir d'une flamme, mais le chimiste peut encore, inversement, transformer en jets lumineux une source d'eau claire.

Une substance qui brûle ne s'anéantit donc pas. Elle change d'état; ses parties constituantes s'échappent le plus souvent en gaz, et tout ce qui ne brûle pas se réduit en cendres. C'est d'ailleurs la grande loi de la nature, où la destruction n'est jamais qu'apparente, où la mort est une transformation de la vie, où la vie naît de la mort.

La respiration est elle-même, comme dans les exemples précédents, une simple combinaison d'oxygène avec du carbone et de l'hydrogène, c'est-à-dire une *combustion*. Dans ce phénomène qui donne à notre corps sa chaleur, l'oxygène de l'air rencontre le carbone dans notre sang, et l'acide carbonique, résultat de leur union, s'exhale à tout moment de nos poumons.

L'oxygène pur cependant nous serait nuisible; il activerait trop nos fonctions vitales. Nous le respirons mélangé avec un autre gaz, l'*azote*, qui en modère les effets. Si dans l'oxygène pur un charbon à demi éteint se rallume et devient incandescent, dans l'azote pur, au contraire, toute combustion s'arrête. Un oiseau, placé sous une cloche remplie d'oxygène, saute, s'agite, bat des ailes, est en proie à une surexcitation extraordinaire qui l'épuise bien vite, si on ne le rend à l'air libre. Sous une cloche pleine d'azote, il s'alanguit et meurt asphyxié; non pas que ce gaz soit délétère, mais seul il n'est point propre à la respiration [1].

1. Dans 100 parties d'air, il y a :

	En volume.	En poids.
Oxygène. . . .	20	21
Azote	80	79
	100	100

Il y a de plus, dans l'atmosphère, de la vapeur d'eau et de l'acide carbonique en proportions variables, et quelques autres gaz en quantités infinitésimales.

Oxygène, azote, hydrogène, carbone, à quelle substance, à quelle flamme, à quelle vie n'appartiennent-ils pas? Ils sont, en des combinaisons variées à l'infini, toute l'eau des océans et des nuages, la presque totalité de nos forêts, de nos prairies, de nos champs, des animaux, de nous-mêmes, en un mot de tout ce qui existe sur notre planète.

Ne nous étonnons donc pas de trouver dans le sucre, produit végétal, du carbone, de l'hydrogène et de l'oxygène.

Ne soyons pas davantage surpris que le sucre *liquide* du raisin et le sucre *solide* servi sur nos tables soient formés d'éléments *gazeux*, puisque le même corps peut successivement être *gazeux*, *liquide* et *solide*. Le nuage vaporeux qui sort de l'onde et monte dans l'air, retombe sur la terre en gouttes de pluie ou en flocons de neige ; gouttes et flocons s'écoulent en ruisseaux et en rivières qui, dans les beaux jours d'hiver, se solidifient parfois en une glace si dure que les patineurs glissent en sécurité sur elle. Vers les pôles, la glace s'étend en plaines immenses, où voyagent en traîneaux attelés de rennes les peuplades qui font la chasse à l'ours blanc. Des îles s'en détachent chaque année : ce sont les vastes banquises qui flottent sur l'Océan. Ailleurs la glace s'élève en montagnes gigantesques, en véritables Alpes que le soleil lui-même ne détruit jamais. Ces plaines, ces banquises, ces roches, cette pluie et ces nuages, les fleuves et les mers, sont tous le même composé d'hydrogène et d'oxygène, et la différence d'état est due à une cause purement physique : l'élévation ou l'abaissement de la température.

En étudiant les trois corps simples d'où procède le sucre, nous avons appris à connaître ceux qui forment l'alcool. Ils sont les mêmes : carbone, hydrogène et oxygène. Les proportions seules diffèrent; mais elles sont telles que

si le sucre est ramené à ses éléments premiers, on retrouve précisément ceux de l'alcool, plus un excédent de carbone et d'oxygène : de quoi produire de l'acide carbonique[1].

Et maintenant, si nous revenons à notre moût, nous ne sommes plus étonnés que le sucre ait disparu. Il s'est décomposé, et ses éléments constituants sont entrés

1. En chimie, pour représenter les corps, on emploie des signes abréviatifs. Ainsi l'on indique l'hydrogène par un H, l'oxygène par un O, le carbone par un C, l'azote par Az.

Lorsqu'un corps est composé de deux ou d'un plus grand nombre d'éléments, on le désigne par les lettres qui représentent chacun de ces éléments. Par exemple, l'eau, étant composée d'hydrogène et d'oxygène, s'écrit HO.

On nomme *équivalents chimiques* les quantités pondérables des corps qui peuvent se substituer les unes aux autres dans certaines combinaisons. Ainsi, lorsque l'hydrogène se substitue à l'oxygène, ce sont toujours 12,50 parties d'hydrogène qui prennent la place de 100 parties d'oxygène, ou *vice versa.* 12,50 d'hydrogène est donc l'équivalent de 100 d'oxygène. Autre exemple : lorsque le carbone se substitue à l'hydrogène ou à l'oxygène, ce sont toujours 75 parties de carbone qui remplacent 12,50 parties d'hydrogène ou 100 parties d'oxygène, 75 de carbone est donc l'équivalent de 12,50 d'hydrogène et de 100 d'oxygène.

Quand plusieurs équivalents d'un corps entrent dans une combinaison, leur nombre est indiqué par un chiffre placé à la droite du signe qui représente ce corps. Si nous rencontrons, par exemple, la formule CO^2, qui représente l'acide carbonique, nous voyons qu'il s'agit d'un composé dans lequel il entre un équivalent de carbone (ou 75 parties de carbone) et 2 équivalents d'oxygène (ou 200 parties d'oxygène). Autre exemple : dans la formule $C^{12}H^{12}O^{12}$, qui est celle du sucre de raisin, nous remarquons qu'il entre pour la composition de ce corps 12 équivalents de carbone, 12 équivalents d'hydrogène et 12 équivalents d'oxygène.

Dans la formule qui représente l'alcool, $C^4H^6O^2$, nous lisons qu'il y a 4 équivalents de carbone, 6 équivalents d'hydrogène et 2 équivalents d'oxygène.

Enfin, lorsqu'un corps se décompose et que ses éléments entrent dans de nouvelles combinaisons, on indique les proportions des nouveaux corps composés par un chiffre placé à la gauche de ceux-ci. Exemple :

$$\underset{\text{Sucre de raisin.}}{C^{12}H^{12}O^{12}} = \underset{\text{Alcool.}}{2C^4H^6O^2} + \underset{\text{Acide carbonique.}}{4CO^2}$$

ce qui signifie : 1 équivalent de sucre égale 2 équivalents d'alcool plus 4 équivalents d'acide carbonique.

dans des combinaisons nouvelles, qui ont donné l'alcool et l'acide carbonique. L'alcool est resté dans le vin, dont il fait la force. Une faible partie des bulles d'acide carbonique sont allées s'emprisonner à la surface, dans des vésicules liquides, et s'y sont accumulées en une écume rose qui surnage; les autres se sont dispersées dans l'atmosphère.

La chaleur, les mouvements et les bruits que nous avons observés dans la cuve sont dus à toutes ces actions chimiques et physiques.

On a appelé *fermentation alcoolique* l'ensemble de ces phénomènes[1].

III

Mais quelle est la cause de toutes ces transformations? Quel agent y préside? Qui est le mystérieux opérateur, le chimiste habile? — Nous touchons ici à un problème dont la solution a soulevé dans le monde scientifique les plus vives discussions, il faudrait dire les plus violents orages.

Selon M. Pasteur et un grand nombre de savants, toutes les actions chimiques dont nous venons de parler dépendent de la vie et de la multiplication d'un être infiniment petit, auquel on a donné le nom générique de

1 Sur 100 grammes de sucre de raisin qui se décomposent, 94 à 95 grammes se dédoublent en alcool et acide carbonique, et les autres 5 à 6 grammes se transforment, en se combinant avec les éléments de l'eau, de manière à donner dans les cas les plus ordinaires :

Acide succinique	0gr 6 à 0gr 7
Glycérine	3, 2 à 3, 6
Acide carbonique	0, 6 à 0, 7
Cellulose, matières grasses et autres produits alimentaires	1, 2 à 1, 5
	5gr 6 à 6gr 5

On a observé encore pendant cette fermentation une production, en quantité variable, d'*acide lactique;* mais celui-ci est le résultat d'une fermentation spéciale et marchant parallèlement avec elle. (Pasteur, *Études sur les vins.*)

ferment ou *levûre*, et plus spécialement celui de *ferment alcoolique*. M. Berthelot reconnaît l'existence du microbe ; cependant il refuse de considérer son action comme immédiate, et il attribue la fermentation, non pas à la levûre, mais à une substance élaborée par elle.

Toutefois, que ce soit lui-même ou l'un de ses produits qui opère, cet être vivant se trouve toujours dans le moût qui fermente; le microscope le révèle.

Il est si petit, si petit, qu'il en faut des centaines de millions pour atteindre le volume d'un centimètre cube, pas même de quoi remplir une coquille de noisette.

C'est un simple globule. Nous pouvons nous le représenter, immensément grossi, par un de ces petits ballons remplis de gaz que les enfants s'amusent à lancer dans l'air. La fine vessie dont est formé le ballon est ici l'enveloppe transparente et ténue que l'on désigne sous le nom de *membrane*. Elle est faite d'une substance appelée *cellulose*, composée de carbone, d'hydrogène et d'oxygène. A la différence du ballon, qui est gonflé de gaz, le contenu de la membrane est semi-liquide, plus ou moins consistant même; il a nom *protoplasme*.

C'est une substance très complexe; tous les éléments n'en ont pas encore été nettement déterminés. On sait cependant qu'elle renferme:

1° Des composés binaires, tels que l'eau et l'acide carbonique;

2° Des combinés ternaires, dans lesquels on rencontre, comme dans le sucre et l'amidon, du carbone, de l'hydrogène et de l'oxygène;

3° Des matières albuminoïdes semblables à celles du blanc d'œuf, et dans lesquelles la présence de l'azote est caractéristique;

4° Des minéraux que l'on retrouve dans les cendres, après combustion[1].

1. Il y a, dans les cendres du protoplasme, du soufre, des nitrates, des carbonates, des phosphates de chaux, de magnésie, de potasse, etc.

Ces corps sont réunis en proportions très diverses, suivant la nature et l'âge des organismes auxquels ils appartiennent.

Le protoplasme est la substance première de toute vie, la première matière organisée. C'est lui qui devient la cellule, comme la cellule devient la plante ou l'animal [1], comme la larve, l'insecte parfait. A lui seul il peut constituer un individu. Il apparaît alors comme une simple petite masse globuleuse, sans une membrane même qui la limite. C'est assurément le plus élémentaire des êtres vivants.

Les forces physiques et les affinités chimiques déterminent-elles seules cette production? Les lois biologiques président-elles à cette naissance? Sont-elles bien différentes, les conditions qui imposent la forme cellulaire à la matière cosmique dans l'espace pour se condenser en étoiles, à la vésicule humide pour s'élever en brouillard, à la goutte de pluie à travers l'atmosphère, à la goutte d'huile dans l'eau?

Mais il est des cellules bien autrement perfectionnées que la primitive petite masse protoplasmique.

Dans les unes on peut voir un ou plusieurs noyaux; ce sont déjà des êtres composés de deux parties distinctes (fig. 5, 6 et 7).

D'autres se creusent à l'intérieur de petites cavités, des *vacuoles* qu'il est permis de comparer à de petits cœurs emplis, en guise de sang, d'un liquide plus aqueux, plus limpide que le protoplasme, le *suc cellulaire*. On a

1. « Tout être organisé, plante, animal ou homme peut être considéré comme un seul et unique organe, qui se complique en se développant. L'homme est le développement d'un œuf. Ramené à sa plus simple expression, c'est une vésicule, » dit Raspail, qui a émis bien avant Schwann, bien avant Virchow, la théorie cellulaire. (Voir *Mémoire à l'Acad. des sc.*, 1825. — *Nouveau système de physiologie végétale et de botanique*, 1856. — *Histoire naturelle de la santé et de la maladie chez les animaux en général et en particulier chez l'homme*, 1843.)

même surpris dans quelques-unes des contractions, presque des battements (fig. 8)[1].

D'autres opèrent des combinaisons et des condensations

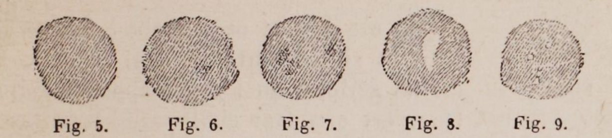


Fig. 5. Fig. 6. Fig. 7. Fig. 8. Fig. 9.

d'où résultent des cristaux minuscules et des granulations diversement colorées (fig. 9).

D'autres s'entourent d'un *organe de limitation*, d'une



Fig. 10.

membrane qui emprunte les formes les plus variées (fig. 10).

D'autres épaississent cette membrane et la sculptent soit

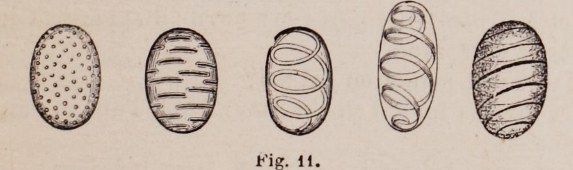


Fig. 11.

en creux, soit en relief, de rubans, d'anneaux, de spires, etc. (fig. 11).

Le *ferment alcoolique* est une cellule ovale qui se compose d'un protoplasme incolore, tantôt homogène,

1. On a observé des *vacuoles pulsatives* dans le protoplasme de quelques champignons gélatineux, par exemple dans la *Trichia varia*, et dans quelques algues, entre autres dans les *Œdeogonium*.

tantôt granuleux, enveloppé d'une membrane transparente et pourvu le plus souvent d'une vacuole (fig. 12).

Fig. 12.
Ferment alcoolique.

Qui est-il donc ce microbe à la fois si petit et si puissant? A quel groupe, à quelle série, à quel règne appartient-il? Quel est son état civil parmi les êtres? son rang dans l'univers?

Tous les organismes vivants dérivent du protoplasme. Depuis le plus infime jusqu'au plus grand, tous suivent la même évolution; ils absorbent des aliments et se les assimilent, se développent en de certaines limites, donnent naissance à des êtres semblables à eux-mêmes, et meurent. C'est la petite cellule, c'est la fleur dans les champs, le poisson dans les eaux, l'oiseau dans l'azur, l'homme sur la terre, toutes les *plantes* et tous les *animaux* dont l'ensemble constitue le *règne organique*. Les pierres, les cristaux, les métaux, en un mot, les *minéraux*, qui, eux, peuvent s'accroître indéfiniment, mais qui ne se nourrissent pas, ne se reproduisent pas et ne meurent pas, représentent le *règne inorganique*[1].

Notre *ferment alcoolique* se nourrit; il appartient donc au règne organique.

Mais est-il plante ou animal?

Les savants lui ont attribué tour à tour l'une et l'autre origine.

C'est que, lorsqu'il s'agit des êtres inférieurs, tout est vague, confus, et les caractères encore indéterminés semblent ne les fixer ni dans l'une ni dans l'autre des deux séries.

. On opposait naguère de grandes différences entre les formes des corps organiques et celles des corps inorganiques. Mais Ehrenberg, et récemment MM. Monnier et C. Vogt, ont montré que les formes arrondies (cellules, tubes), considérées jusqu'alors comme une propriété exclusive des substances organiques, se produisent également dans les condensations de certains liquides inorganiques.

Quand Linné a voulu tracer des limites précises entre les règnes, il a dû ramener chacun d'eux à un type idéal, qu'il importe de considérer seulement comme la formule du groupement sériel des phénomènes les plus fréquents. C'est ainsi qu'il a pu dire : « .... Les végétaux croissent et vivent ; les animaux croissent, vivent et sentent. »

Mais la présence de ce dernier caractère, donné comme distinctif par le savant suédois, est loin d'être sans exception.

Certains animaux, durant une grande partie de leur existence, paraissent en être complètement dépourvus. Quels indices nous en ont jamais montrés les éponges, à partir du moment où elles se fixent sur leurs rochers ?

Parmi les plantes, au contraire, combien présentent des marques évidentes de sensibilité ! Impressionnées par le froid, la chaleur, le toucher, elles en fournissent, par leurs attitudes diverses, des preuves manifestes. Ne voyons-nous pas des fleurs, adoratrices du soleil, rechercher incessamment ses rayons et s'attacher à son orbe, comme pour ne rien perdre de celui à qui elles doivent leur beauté, qui leur prodigue ses vivifiantes caresses et fait resplendir de brillantes étincelles la rosée qui les pare? Il en est qu'on dirait redouter l'éclat et les ardeurs du jour : les unes attendent, pour s'épanouir, les heures discrètes de la nuit[1] ; d'autres se revêtent dans l'ombre seulement de leurs vigoureuses couleurs, et laissent à peine entrevoir la richesse de leurs pétales au scintillement des étoiles[2]. La lumière attire le plus grand nombre. On dit que l'effort persistant du Tournesol a fini par imposer à sa tige une flexibilité qui lui permet de suivre le soleil de degré en degré ; et la plante, de

1. La *Nicotiana noctiflora*.

2. L'*Œnothera sinuata*, blanche le jour, passe pendant la nuit du blanc au rose, puis au rouge. L'*Œnothera stricta*, qui a des fleurs jaunes pendant le jour, devient, la nuit, orangé et fauve.

l'orient à l'occident, offre aux chauds rayons ses mille gynécées[1].

Toute tige ne s'est pas soumise, dans son développement atavique, à l'entraînement de ses fleurs; mais les belles corolles n'en sont pas moins sensibles. Combien n'en est-il pas qui, baignées tout le jour dans les ondes lumineuses, s'assouvissent de lumière et de chaleur, puis, au crépuscule, redoutant l'ombre et le froid, enveloppent dans leurs pétales leurs étamines et leurs pistils. Telle la Tulipe superbe, le soir, tristement se ferme et s'endort. Pendant son sommeil, approche-t-on un flambeau, elle s'éveille et s'épanouit. Maintes Composées semblent ne pouvoir se résigner à vivre lorsque l'astre a disparu; dès la nuit, insoucieux de l'élégante couronne qu'ils forment, leurs demi-fleurons se relèvent et se closent, ou languissamment retombent autour des pédoncules. D'autres fleurs, dans les jours sombres, refusent de s'ouvrir : ainsi font la Stellaire[2], la Pâquerette, le Souci des champs. Un nuage passe-t-il sur la tête de la petite *Specularia*[3] épanouie, on la voit se replier sur elle-même et abaisser sa corolle jusqu'à ce que le ciel soit redevenu serein.

Les Nénufars roulent leurs feuilles et se réfugient au fond de l'eau, tant que la saison chaude n'est pas assurée; mais aux beaux jours, ils allongent leurs pétioles, et les feuilles s'étalent à la surface; les fleurs ne tardent pas à s'épanouir, semblables à de grandes roses blanches ou jaunes; chaque soir leurs pétales se reploient et rentrent sous l'eau, pour en surgir de nouveau dès l'aurore. Les anciens Égyptiens avaient remarqué que le

1. Cette tendance de la fleur à suivre le soleil dans son orbe s'observe chez un grand nombre de composées, par exemple, chez les hélianthus, et surtout chez les silphium.

2. *Stellaria media* (mouron des oiseaux).

3. *Specularia speculum* (miroir de Vénus), petite campanule bleue que l'on rencontre dans les champs de blé. Beaucoup d'autres plantes, parmi lesquelles le *Dimorphoteca pluvialis*, composée exotique, agissent de même.

Lotus, nénufar lui aussi, sort de l'onde au lever du soleil pour s'y replonger à son coucher, et ils avaient consacré la fleur à l'astre, pensant qu'il existe entre eux des rapports secrets, mystérieux.

Il est des algues, les Clostéries, minuscules habitantes des eaux, que nulle racine ne retient captives. Faibles et délicates, elles aiment les rayons discrets du soleil. Dès que l'astre se montre, elles accourent; mais, comme des naïades timides, elles fuient s'il devient trop ardent.

Aux Indes, une légumineuse très commune a mérité, par le perpétuel mouvement, à la fois lent et saccadé, de ses folioles, le nom de *Sainfoin oscillant* (*Hedysarum gyrans*)[1]. Le labelle d'une orchidée africaine (*Megaclinium falcatum*) se balance continuellement de bas en haut.

La gracieuse Sensitive ressent l'impression du moindre souffle, de la plus légère vibration de l'air; un enfant, un oiseau effleurent-ils une de ses branches, un reptile glisse-t-il à ses pieds, un cavalier au galop passe-t-il sur la route, aussitôt la plante rapproche ses folioles et se resserre, on dirait qu'elle se flétrit, qu'elle va mourir; mais quelques heures après elle déploie de nouveau ses rameaux et ses feuilles, aussi vivante que jamais[2].

Les étamines de l'Épine-Vinette, des Mahonias, des Chardons, des Chicorées et d'autres plantes[3] exécutent,

1. Dans nos climats, l'*Hedysarum gyrans* n'oscille que pendant les grandes chaleurs. Des mouvements analogues, mais beaucoup plus faibles, et souvent masqués par d'autres mouvements dus à des influences d'hygrométrie ou de lumière, s'observent chez un grand nombre de plantes, telles que certaines espèces d'*Acacias*, d'*Oxalidées* (*Oxalis acetosella*), de *Trèfles* (*Trifolium pratense*, *Trifolium incarnatum*), etc.

2. Quoique à un moindre degré, les feuilles de l'acacia vulgaire (*Robinia pseudoacacia*) et de divers autres genres; *Æschinomena*, *Smithia*, *Desmanthus*, etc., ainsi que celles de diverses oxalidées, manifestent par des mouvements l'excitation que leur cause le contact d'un corps solide ou quelque ébranlement.

3. *Centaurea*, *Onopordon*, *Cnicus*, *Cardus*, *Cynara*, *Cichorium*,

au plus faible contact, des mouvements souvent très marqués qui facilitent la fécondation. Les insectes, en piétinant dans les corolles, animent ainsi les fleurs, qui distillent pour eux de doux nectars.

Une *Composée* américaine, le *Silphium laciniatum*, subit, dit-on, l'influence des pôles magnétiques ; véritable boussole végétale, elle oriente ses feuilles vers le nord.

Enfin beaucoup de *Mimosées*, de *Légumineuses*, d'*Oxalidées* et mille autres, témoignent leur sensibilité par les attitudes diverses qu'elles affectent quand vient l'heure du sommeil.

L'absence ou la possession du caractère distinctif que nous propose la formule de Linné ne saurait donc, à elle seule, nous permettre de classer un être d'ordre aussi inférieur que notre ferment.

« Les animaux se meuvent, a-t-on dit encore, tandis que les végétaux ne peuvent s'éloigner du sol qui les a vus naître. »

Mais il est des animaux qui n'ont jamais changé de place ; telles sont les colonies de coraux dont le pied reste fixé sur les roches au fond des océans, et dont les branches, plus inflexibles que celles des arbres, affleurent le niveau de l'eau.

Que de plantes ne voyons-nous pas, au contraire, à certaine époque de leur vie, se mouvoir et se déplacer dans les milieux qu'elles habitent ! Les fleurs staminées de la Vallisnérie, plongées au fond des fleuves, s'échappent de leurs spathes au moment de la fécondation ; elles s'élèvent et, comme un essaim d'abeilles, viennent se

Hieriacium. De même les stigmates du pistil des *Mimulus Martynia*, etc., l'ensemble des organes de reproduction de certaines orchidées (le *Gynostène* des *Stylidium* de la Nouvelle-Hollande). Beaucoup de plantes, telles que la Rue (*Ruta graveolens*), sans subir aucune influence étrangère, agitent leurs étamines au moment de la fécondation.

poser sur les pistils qui les attendent à la surface, dans leurs corolles blanches, retenues par de longues tiges spiralées et élastiques. La fécondation accomplie, les unes se flétrissent, les autres descendent dans l'eau pour y mûrir leurs graines.

Plusieurs champignons gélatineux, parmi lesquels la Tannée fleurie (*Fuligo septica*), rampent et grimpent sur les arbres, exactement comme certains animaux inférieurs, les *amibes*, qui s'avancent en émettant et retirant tour à tour des prolongements lobés de leur corps informe et visqueux. On les a même longtemps confondus avec eux.

Les semences d'un grand nombre de végétaux inférieurs sont douées de mouvement.

Combien d'algues minuscules s'agitent en liberté toute leur vie. On peut, sous le champ du microscope, voir dans une goutte d'eau, comme dans un océan, les *Oscillaires* nonchalantes, dont le nom indique les souplesses, se balancer avec élégance ; les *Diatomées* glisser lentement, semblables à de petites embarcations sculptées; les *Bactéridies*, s'élancer ainsi que des flèches; les *Clostéries* culbuter comme des clowns, et les *Spirilles ténus*, valseurs perpétuels, pirouetter à la façon vertigineuse des derviches tourneurs.

Au moins la parure verte des champs est-elle l'apanage exclusif des végétaux? — Nullement. La chlorophylle, à qui ils doivent leur couleur, joue un rôle physiologique considérable, et semble leur être indispensable. Cependant, toute une grande famille de plantes, celle des Champignons, en est dépourvue, tandis que nous la retrouvons, dans les animaux, chez quelques infusoires, au nombre desquels nous pouvons citer l'*Euglène*, les *Vorticelles* [1],

1. Ce sont des microbes désignés sous le nom de *Bactéries*, qui ont servi à constater que la coloration verte des *Vorticelles* est bien

les *Stentors*, et même de petites *Planaires*, qui forment sur le sable de certaines plages des plaques du plus beau vert [1].

Le mode d'alimentation n'est pas plus caractéristique. Si les végétaux, en général, ne se nourrissent que de substances à l'état liquide ou gazeux, il est des plantes dites *carnivores* qui sécrètent des sucs susceptibles de dissoudre les matières animales et absorbent des insectes. Inversement, beaucoup d'animaux parasites se nourrissent exclusivement d'aliments liquides.

Enfin, on croyait autrefois que les cellules végétales étaient un composé chimique ternaire, et l'absence d'azote était considérée comme un caractère distinctif des végétaux; nous savons aujourd'hui qu'il y a de l'azote dans le protoplasme, quoique en moins grande abondance que dans les substances animales[2].

La plus grande différence entre les plantes et les animaux supérieurs consiste en ce que ceux-ci ont un estomac qui digère, des poumons qui respirent, un cœur qui pousse le sang jusque dans les moindres vaisseaux, un

due à la chlorophylle. Certaines bactéries sont extrêmement sensibles à l'action de l'oxygène : dès qu'une trace de ce gaz, fût-ce un millionième de gramme, est mise en liberté dans un liquide, les bactéries qui se trouvent près du dégagement, d'inertes qu'elles étaient, deviennent mobiles. Leurs mouvements sont donc un témoignage de la production d'oxygène aux points où elles s'agitent. D'autre part, la chlorophylle est considérée comme la seule substance qui, à la lumière solaire, décompose l'acide carbonique et dégage de l'oxygène. Pour s'assurer de la présence de la chlorophylle chez les Vorticelles, M. Engelmann a placé ces petits animaux dans un liquide contenant des bactéries avides d'oxygène, et dès que la lumière solaire a pu agir, il a vu les microbes se mouvoir près des petites masses vertes. Celles-ci contenaient donc de la chlorophylle, puisqu'elles dégageaient de l'oxygène, à la lumière.

1. Notamment à Roscoff, M. Geddes. (*Compte rendu de l'Acad. des sc. de Paris*, 1878, p. 1092.)

2. Analogie remarquable : sans oxygène, ni animaux ni végétaux ne peuvent vivre, et la sensibilité des uns et des autres peut être suspendue par l'éther et le chloroforme.

système nerveux, centre de la sensibilité, tandis que chez les végétaux les fonctions sont bien moins localisées et les organes peuvent, en certains cas, se transformer et se substituer les uns aux autres. Cette distinction paraît nettement établie, si nous la considérons dans l'ensemble des individus, groupés en un type idéal. Mais si nous examinons les animaux et les végétaux inférieurs, nous la voyons disparaître comme les autres.

Nous ne pouvons donc trouver entre les deux branches du règne organique aucun caractère absolument distinctif.

Nous venons de constater que les différences sont de moins en moins manifestes, à mesure que l'on descend dans la série des êtres. A l'origine, elles sont à peine sensibles. Là, tout semble confondu. On y rencontre un grand nombre d'organismes intermédiaires qui sont plantes et animaux, ou plutôt qui ne sont précisément ni les uns ni les autres. Ils ont été revendiqués par les botanistes et les zoologistes, qui s'en sont emparés tour à tour, suivant qu'ils découvraient en eux un plus grand nombre de caractères botaniques ou de caractères zoologiques.

Aux confins des deux règnes, il est des cellules bien modestes qui appartiennent à des formes très élémentaires, à des individualités primitives. Elles sont les humbles parmi les végétaux et les animaux; elles apparaissent comme le trait d'union entre les uns et les autres; elles sont, suivant la comparaison de Bory de Saint-Vincent, ainsi qu'entre deux couleurs de l'arc-en-ciel, cette zone indécise qu'on ne saurait définir, parce qu'elle passe de l'une à l'autre] sans qu'on puisse en saisir les limites. Elles ne possèdent même point de caractères réellement exclusifs de l'un des deux groupes. On dirait que, chez elles, la vie hésite encore avant de se préciser dans un type; et cependant il y a bien là des espèces

déterminées et déjà fixes, puisque ces petits êtres, dans les mêmes conditions, dans le même milieu, se reproduisent toujours semblables à eux-mêmes, avec tous leurs caractères et toutes leurs fonctions.

Ces cellules constituent les plus simples des espèces.

Ainsi s'explique pourquoi, en présence de certaines productions cellulaires, on hésite à reconnaître en elles l'animal ou la plante.

Nous sommes ici aux sources de la vie, aux êtres premiers, et ces cellules n'offrent même aucun caractère apparent qui les distingue de la cellule embryonnaire, de cette cellule initiale que l'on trouve à l'origine de toutes les formations. Cependant rien de commun entre elles. La cellule embryonnaire n'est pas un individu, mais le commencement, le point de départ d'une évolution, le premier élément d'un organisme qui, peut-être, sera compliqué. Elle se modifiera, se multipliera, pour constituer les masses cellulaires dont les corps sont composés, et, suivant son origine, elle sera l'homme ou l'hysope.

Au début de toute existence végétale ou animale, les cellules embryonnaires ne se distinguent guère les unes des autres. Chacune cependant se classe déjà dans une série; elle contient en puissance un développement assigné et limité d'avance. Sous l'impulsion des forces ataviques, suivant les circonstances, et à mesure que s'opère leur adaptation au milieu, ces cellules, en se multipliant, se modifient, se différencient et prennent les caractères des diverses espèces, des divers organes, pour se prêter à des fonctions déterminées. Celles qui procèdent d'individus supérieurs, atteignent le degré ultime qu'implique leur origine. Quant aux cellules embryonnaires des êtres inférieurs, elles ne sauraient posséder l'activité évolutionnelle nécessaire pour fournir les éléments d'organes que n'a pas acquis leur espèce. Toute cellule animale ne s'élève point jusqu'à l'homme, toute cellule

végétale ne devient pas cèdre superbe ni rosier odorant. Mais si peu compliqué, si simple que soit l'organisme qu'elles sont destinées à former, elles ne sont jamais que l'élément initial d'une individualité qui n'est pas la leur.

Les cellules dont nous avons à retracer l'histoire sont, au contraire, des êtres finis, constituant à elles seules des individus complets.

IV

En examinant les caractères qui différencient les végétaux et les animaux à travers les premières manifestations de la vie, nous avons eu strictement en vue notre ferment alcoolique. Il est précisément l'un de ces êtres élémentaires auprès desquels nous venons de nous attarder. Longtemps on ignora sa nature : on ne lui reconnut pas tout d'abord une individualité propre; on le considérait comme un essai d'organisme ne se rattachant à aucune série. C'était, disait Fabroni, une substance *végéto-animale*[1].

En 1837 seulement il fut définitivement classé parmi les plantes[2].

Cependant les savants ne s'entendirent pas encore sur l'état civil qu'il convenait de lui donner, sur la classe, la famille dans lesquelles on devait le ranger.

Était-ce une algue? était-ce un champignon?

Ces végétaux sont tous uniquement composés de cellules, soit isolées, soit unies entre elles comme des perles enfilées, ou comme les alvéoles d'un rayon de miel. Notre petite cellule pouvait donc appartenir à l'une aussi bien qu'à l'autre des deux classes.

Les algues, en général, se développent dans les eaux.

1. Fabroni, *Mémoires sur les fermentations*, 1787.
2. Après les études de Cagnard de Latour sur la levûre de bière.

En voyant flotter la levûre dans le moût de raisin, comme les immenses Sargasses dans l'Océan, on en fit d'abord une algue[1]. Mais, sauf de rares exceptions, les algues, même les roses et les brunes, contiennent dans leurs cellules cette matière verte qui porte le nom de chlorophylle, et que l'on rencontre dans toutes les feuilles et les tiges des autres plantes. Les champignons, nous l'avons déjà dit, en sont toujours dépourvus.

La présence ou l'absence de la chlorophylle dans une plante est un caractère de haute signification; car cette substance n'occasionne pas seulement une différence de coloration, elle détermine encore un mode particulier de nutrition. Sous l'action de la lumière, elle décompose l'acide carbonique de l'air, elle fixe le carbone, et met l'oxygène en liberté : c'est cet oxygène exhalé par les plantes qui rend l'air des bois et des jardins si bon à respirer pendant le jour[2].

Les champignons, n'ayant pas de chlorophylle, n'absorbent pas l'acide carbonique de l'air : ils n'en fixent pas le carbone et ne dégagent pas d'oxygène; ils empruntent le carbone dont ils ont besoin aux animaux et aux végétaux sur lesquels ils vivent en parasites ; ou bien ils le puisent dans des sols qui contiennent des débris organiques en décomposition.

Le ferment alcoolique est dénué de chlorophylle. Cette circonstance, jointe au mode de reproduction du petit végétal, l'a généralement fait admettre aujourd'hui parmi

1. Kützing et Ch. Robin l'ont considérée comme une algue. Cagnard de Latour, Schwann, Turpin, Mitscherlich, Schützemberger, Pasteur l'ont classée parmi les champignons.

2. Pendant la nuit, cette décomposition de l'acide carbonique ne se produisant pas, les plantes n'absorbent pas de carbone et ne dégagent pas d'oxygène. Et comme, d'autre part, elles continuent à respirer comme nous, c'est-à-dire à aspirer de l'oxygène et à expirer de l'acide carbonique, elles diminuent pendant la nuit la quantité d'oxygène qu'elles ont mise dans l'air pendant le jour. Il est donc malsain de dormir la nuit dans une chambre qui contient des plantes.

les champignons. Nous le désignerons désormais sous le nom de *Saccharomyces ellipsoïdes*, qui indique, à la fois, sa nature et sa forme [1].

V

Ainsi il n'a pas fallu moins d'un demi-siècle de recherches et de constatations pour établir l'identité du ferment. Néanmoins l'obscurité la plus grande l'environnait toujours. Bien que Cagnard de la Tour eût soupçonné l'intervention du microbe dans le phénomène de la fermentation, on dut attendre une vingtaine d'années encore, jusqu'aux grands travaux de M. Pasteur, pour connaître enfin sa manière d'être, ses moyens d'existence, et le faire passer de la foule inutile des oisifs et des vagabonds dans la classe respectable des travailleurs.

Nous savons aujourd'hui ce qu'il est, ce qu'il fait, ce qu'il vaut, ce que nous lui devons. Sa vie est des plus simples, son œuvre est considérable.

Modeste cellule, il n'a ni fonctions localisées ni organes particuliers. Il se nourrit aux dépens du sucre et les actes de sa digestion se réduisent à un mouvement endosmotique.

Si nous voulons avoir une idée de ce mode d'alimentation, rappelons une expérience bien connue. Un petit ballon formé d'une vessie et rempli d'eau gommée, est plongé dans de l'eau colorée avec un peu de carmin. Bientôt l'intérieur du ballon se teinte de rose; c'est l'eau carminée qui pénètre à travers la membrane. Dans le même temps, l'eau gommée sort du ballon et se réunit à l'eau carminée de l'extérieur. Ce phénomène d'*osmose* [2]

1. *Saccharomyces* (champignon du sucre), genre créé par M. Meyen. *Ellipsoïde*, nom donné par M. Rees au Saccharomyces de forme ovale du jus de raisin.

2. On désigne plus particulièrement sous le nom d'*endosmose* le

a lieu toutes les fois que des liquides ou des gaz de densité différente ne sont séparés que par une membrane; ils se rejoignent à travers la paroi.

Eh bien, lorsque le Saccharomyces est plongé dans le moût de raisin, les substances qui y sont dissoutes traversent la membrane de la cellule et se mêlent à son contenu. Alors, une opération mystérieuse s'accomplit: sous l'influence d'affinités inconnues, le protoplasme fait un choix entre ces substances; il garde les unes, s'en nourrit, et rejette les autres hors de son enveloppe. Le sucre, introduit dans la petite cellule, est décomposé [1]; ses éléments sont mis en liberté, et, sauf l'infime part consommée par le Saccharomyces, ils entrent dans des combinaisons nouvelles, dont le résultat est la production d'alcool et d'acide carbonique [2].

Lorsqu'il ne reste plus de sucre ou que l'alcool devient trop abondant, la fermentation cesse, et les petits globu-

phénomène par lequel le courant s'établit de dehors en dedans, à travers la membrane, et sous celui d'*exosmose*, le phénomène du courant de dedans en dehors.

1. Il y a dans le moût de raisin deux sortes de sucre : du *glucose*, ou sucre de raisin, *incristallisable*, de beaucoup le plus abondant, et, en très faible quantité, du sucre ordinaire, ou sucre de canne et de betterave, *cristallisable*. Le Saccharomyces ellipsoïde n'a pas d'action directe sur le sucre cristallisable. Il est obligé de le transformer en glucose pour l'absorber. Il obtient ce résultat à l'aide d'un liquide qu'il sécrète et qui porte le nom de *diastase*. Nous apprendrons à connaître les substances de cet ordre dans le chapitre suivant. Lorsque nous étudierons la bière, nous verrons quelle différence existe entre les deux sucres.

2. Tous les ferments détruisent une portion de matière hydrocarbonée, en même temps qu'ils donnent à la minime part qu'ils s'assimilent une forme nouvelle et vivante. A ce point de vue, ils se rapprochent des animaux. Mais, tandis qu'en vingt-quatre heures, l'homme n'a besoin que d'une quantité de nourriture égale à un cinquantième de son poids, la levûre décompose 4 à 5 fois son poids de sucre, ce qui correspond à une dépense proportionnelle 250 fois plus grande. Et il est des ferments qui transforment jusqu'à plus de 100 fois leur poids de la substance dont ils se nourrissent.

les se déposent au fond de la cuve, où ils forment une grande partie de ce qu'on appelle la *lie*[1].

C'est donc pour vivre, c'est-à dire pour se nourrir, se développer et se reproduire, que la levûre emprunte au sucre une particule.

Quand le Saccharomyces, gorgé de matières assimilées, ne suffit plus à les contenir, la membrane cède au lieu d'éclater, et l'on voit poindre un bourgeon. Celui-ci s'allonge, puis s'étrangle à la base, de telle sorte qu'il constitue lui-même un être nouveau qui, de la même manière, donne naissance à d'autres, et ainsi de suite (fig. 13).

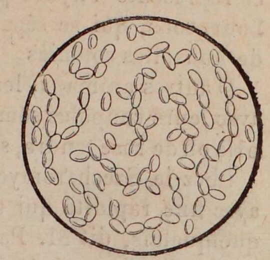


Fig. 13. — Saccharomyces ellipsoïde (grossi 400 fois environ).

Les cellules nouvellement nées restent quelque temps adhérentes aux cellules mères, et ces familles offrent ainsi l'aspect, en miniature, de ces plantes grasses (Cactus) aux rameaux articulés, dont chaque entre-nœud ressemble à un petit œuf. Au point de vue général, le phénomène est le même que si la membrane était indéfiniment extensible.

Ce procédé si simple de reproduction se rencontre fréquemment chez les espèces inférieures, et il est loin

1. M. Dumas a évalué approximativement qu'il faut 400 milliards de cellules de levûre, en les supposant toutes actives, pour décomposer un gramme de sucre en une heure. (*Ann. chim. phys.*, 5e série, t. III, 1874.)

Comme tous les éléments histologiques vivants, dit M. Schützenberger, la levûre respire, assimile, se développe, se multiplie. De même elle désassimile et transforme ses principes immédiats en produits excrémentitiels. Mis en contact avec de l'eau aérée, les globules de levûre s'emparent de l'oxygène de cette eau; si on les plonge dans du sang rouge, ils le désoxygènent et le rendent noir comme du sang veineux. Ce contact des globules de levûre avec le sang artériel nous donne l'image de ce qui se passe dans l'organisme animal. Ici, les éléments cellulaires des tissus jouent le rôle de la levûre; ils absorbent l'oxygène dissous dans le sang qui les baigne.

d'être particulier aux végétaux. Dans les mares nous pouvons voir souvent, fixés sur les feuilles des nénufars ou des lentilles d'eau, de petits animaux de couleur brune ou verdâtre, longs de six à douze millimètres et assez semblables à des doigts de gants : ce sont des hydres d'eau douce. On en trouve parfois plusieurs groupées, intimement unies, comme des branches à une tige ; celle-ci représente l'hydre primitive dont les autres sont des bourgeons, qui se sépareront pour aller ailleurs fonder de nouvelles colonies.

D'autres animaux, les méduses marines, si charmantes avec leurs coupoles semi-transparentes, nuancées de bleu pâle ou de rose tendre, sont, elles aussi, nées de bourgeons.

Chez le Saccharomyces, ce *bourgeonnement* s'effectue avec une rapidité qui tient du prodige. « Il m'est arrivé quelquefois, dit M. Pasteur, de voir le fond d'un vase se recouvrir d'un dépôt blanc de cellules dans l'intervalle de cinq à six heures seulement, après qu'on eut semé une quantité de levûre si petite qu'elle ne modifiait pour ainsi dire pas la transparence du liquide contenu dans le vase. » Combien de milliards d'individus représente cette mince couche !

Remarquons en passant que cette fécondité est une des propriétés caractéristiques des êtres inférieurs. Nombreuses comme les grains de sable sur les rivages sont les semences que les champignons et les algues abandonnent dans les airs et dans les eaux. Chez les plantes dont l'organisation est le plus parfaite nous ne trouvons, dans chaque fleur, que quelques graines délicates et frileuses, soigneusement à l'abri sous les corolles odorantes.

De même, chez les animaux, non moins innombrables sont les œufs des crustacés et des poissons déposés sans protection aucune dans les milieux où le hasard les verra éclore[1].

1. Une carpe pond à la fois près de 350 mille œufs, qu'elle aban-

Plus les animaux sont d'espèce supérieure, au contraire, plus est restreint le nombre de leurs petits, plus l'instinct maternel s'affirme et se développe, plus il persiste après la naissance. Ne semble-t-il pas que la matière organisée perde son activité propre aux fonctions purement physiques, en même temps qu'elle acquiert des facultés d'ordre plus élevé?

C'est grâce à leur multiplication extrême que les êtres inférieurs se perpétuent, malgré le grand nombre de leurs ennemis et la faiblesse de leurs moyens de défense.

Mais revenons à nos ferments. Leur présence, qui ne fait jamais défaut dans les celliers au moment de la vendange, est-elle un résultat de leur fécondité ? Y aurait-il toujours des Saccharomyces à toute heure et partout? Voyagent-ils par bandes, comme ces myriades d'insectes qui pullulent dans les airs, s'arrêtant çà et là dès qu'un milieu leur est propice? — Non, ces invisibles sont des sédentaires; ils habitent la vigne et ne la quittent pas.

« Si, avec le microscope, nous examinons les poussières exposées à la surface du raisin ou sur le bois de la grappe, nous découvrons, dit M. Pasteur, un grand nombre de cellules qui ne sont autres que des ferments. »

Ils sont là, patients et fidèles à leur tâche, les petits fabricants de vin. Pour s'assurer que ce sont bien eux, il suffit de recueillir les cellules et de les placer dans du moût bouilli[1], ou tout simplement dans de l'eau sucrée.

donne dans la rivière. Qui pourra calculer le nombre d'œufs qu'essaiment dans leurs voyages périodiques les harengs et les sardines! Certains insectes ont une fécondité non moins incroyable. Un puceron qui met au monde 90 pucerons au printemps est, à la huitième génération, l'ancêtre de plus de 400 trillions de pucerons, et il peut y avoir plus de 20 générations dans l'année! Les arbres de toute la terre ne suffiraient bientôt plus pour porter les pucerons, si une foule de petits carnassiers ne les faisaient disparaître.

1. Il est indispensable de faire bouillir le moût ou l'eau sucrée. La chaleur de l'ébullition tue les germes. Ainsi l'on est sûr de n'avoir dans ce liquide d'autres ferments que ceux qu'on y dépose.

On a reconnu plusieurs espèces ou variétés de microbes qui tra-

Aussitôt ils entrent en fonction, et bientôt on voit se dégager du liquide, ainsi ensemencé, des bulles d'acide carbonique, preuve de la transformation du sucre.

Pourquoi les Saccharomyces attendent-ils d'être transportés dans la cuve pour entreprendre leur travail de fermentation? — Il le faut bien. La pulpe sucrée du raisin est solidement protégée; la peau des grains est pour eux bien épaisse, bien dure. Ils sont si infimes, si peu armés! Ce sont d'habiles chimistes, mais de pauvres ingénieurs, et ils ne peuvent se passer du robuste paysan, quand il s'agit de briser l'énorme baie. Cependant la moindre déchirure est une brèche par laquelle ils pénètrent. Que la pulpe trop riche, trop abondante, vienne à crever son enveloppe sous les rayons du soleil, ou qu'un insecte lui fasse quelque invisible blessure, aussitôt les Saccharomyces envahissent la graine et la décomposition commence. Quels ravages! A ce moment les minuscules deviennent le fléau des ménagères. Il n'est en effet, pour celles-ci, plus de beaux raisins sur les tables ni dans les fruitiers, lorsque, à travers les pellicules déchirées des grains, se sont introduits les ferments.

Tant que la pulpe n'est pas livrée aux Saccharomyces, l'atmosphère seule leur fournit l'oxygène nécessaire à leur existence. Mais dès qu'ils sont transportés dans la cuve, et s'ils y rencontrent des graines bien douces, bien sirupeuses, quelle liesse! Que de sucre ils vont consommer! — Eh bien, pas autant qu'on pourrait le croire. Ils trouvent une limite à leur intempérance dans ce sucre même dont ils sont si avides; car, pour lui ravir son oxygène, ils ont dû dégager de l'alcool, et l'alcool à trop

vaillent à la fabrication du vin : le Saccharomyces ellipsoides, le Saccharomyces pastorianus, le Saccharomyces exiguus, le Saccharomyces conglomeratus, le Saccharomyces apiculatus, le Saccharomyces Reesii, etc. Tous ces champignons sont le plus souvent mélangés dans les cuves, et la prédominance de l'un ou de l'autre peut exercer une influence sur la qualité des vins.

forte dose tue le Saccharomyces comme il le ferait d'un vulgaire humain[1]. Heureusement pour nous, car alors le ferment laisse du sucre dans le liquide et nous avons ainsi des vins doux et liquoreux, tels que ceux de Grèce, d'Italie et d'Espagne ; tandis qu'il nous donne des vins secs, lorsqu'il décompose tout le sucre du moût.

C'est également au travail du Saccharomyces que les vins doivent leur couleur. Suivant que la fermentation s'opère avant ou après le pressurage des grappes, ils sont rouges ou blancs. En effet, la matière colorante qui réside dans les pellicules ne peut être dissoute qu'à la faveur de l'alcool, et cet alcool, ainsi que nous le savons maintenant, est un des produits de la levûre.

Si donc, avant que le raisin ait subi l'action du microbe, on se hâte de pressurer le raisin; si l'on sépare aussitôt le moût des pellicules, des pédoncules et des pépins, en le passant à travers un filtre, on obtient un jus incolore qu'on laisse ensuite fermenter et qui devient du vin blanc.

Qu'on emplisse des bouteilles de ce moût, avant que la fermentation soit achevée, l'acide carbonique, continuant à se former y reste emprisonné, et

Quelque soin, quelque vigilance
Dont use l'humaine prudence
Pour l'enfermer dans son réduit,
Souvent le pétillant breuvage,
Qu'irrite ce long esclavage,
Fait sauter le cercle et s'enfuit[2].

1. Toute fermentation s'arrête lorsqu'elle a produit 17 à 18 pour 100 d'alcool, et M Boussingault a montré que la décomposition du sucre devient infiniment plus active lorsqu'on sépare l'alcool du liquide, au fur et à mesure qu'il se forme.

De même que tous les animaux et toutes les plantes meurent dans le gaz produit par leur respiration, ainsi les microbes cessent de vivre lorsqu'ils ont transformé le milieu dans lequel ils se sont développés.

2. Panard.

VI

Les historiens ne s'accordent pas sur l'époque à laquelle a commencé l'association mystérieuse, si longtemps méconnue, mais très réelle, de l'homme et du Saccharomyces, pour la fabrication du vin. La légende se mêle à l'histoire. L'initiative de cette collaboration, bien inconsciente assurément, est attribuée à Noé dans la Syrie, à Osiris en Égypte, à Dionysos en Grèce. De l'Asie, de l'Afrique ou de la Grèce, l'art de fabriquer le vin, comme celui de tailler la vigne, aurait passé en Italie et dans les Gaules[1].

Quelques-uns rapportent l'introduction de la plante de Dionysos sur notre sol à l'époque de la prise de Rome par nos ancêtres :

Brennus disait aux bons Gaulois :
Célébrez un triomphe insigne,
Les champs de Rome ont payé nos exploits
Et j'en apporte un cep de vigne[2].

D'autres prétendent que les Phéniciens l'importèrent, lorsqu'ils vinrent s'établir à Marseille, 400 ans avant l'ère vulgaire. Mais la vigne était déjà connue en Gaule. On sait en effet qu'à cette époque, au mariage d'Eunius, chef de la colonie phocéenne, avec Patta, fille du Celte Nemmus, cette princesse présenta, selon l'usage, un vase rempli d'eau et de vin à celui qu'elle se choisissait pour époux.

La précieuse plante, comme tant d'autres, n'aurait-elle pu exister à l'état sauvage dans diverses régions de la Gaule? Pourquoi les habitants ne l'auraient-ils pas cul-

1. Le Saccharomyces ellipsoïde fabrique annuellement sur toute la terre 140 millions d'hectolitres de vin. En France, avant l'invasion du phylloxera, il en produisait 56 millions.
2. Béranger.

tivée spontanément? On a trouvé en Champagne et en Auvergne des feuilles de vignes fossiles qui datent de l'époque tertiaire, c'est-à-dire de plusieurs centaines de millions d'années avant que l'homme ait travaillé la terre[1]. Que la vigne, à travers les âges géologiques, ait disparu de notre pays, qu'elle y ait été importée dans les temps historiques, cela peut être; elle n'y a pas moins été autochthone.

Quoi qu'il en soit, nous la voyons chaque année, sur nos coteaux, pleine de sève et de vigueur, étendre ses pampres, étaler ses larges feuilles, et mûrir ses fruits vermeils, joie des vignerons et des Saccharomyces. Elle fut gauloise, et elle est française. Partout sa vue nous charme, nous enchante : elle embellit nos campagnes, elle orne nos jardins, elle recouvre nos treilles, elle tapisse les murs de nos villas. Sur les ruines mêmes, où ses racines puisent dans le salpêtre des vieilles murailles un aliment de prédilection, nous aimons à la rencontrer redevenue sauvage et, suivant la saison, verte ou pourpre, pleine d'exubérance, attirant le regard et le retenant sous le charme de sa beauté vivante, unie à la vague poésie des souvenirs.

Elle est si belle, et les peuples qui la possèdent sont si attachés à ses trésors, qu'elle a de tous temps inspiré les poètes. Les plus grands l'ont chantée : Homère, Virgile lui ont payé tribut.

A en croire le maître chansonnier, l'Olympe lui doit ses divinités :

Les yeux en l'air, le bonhomme Hésiode
  Cherchait des dieux à noms ronflants;
Faute d'idée, il allait faire une ode.
De Chypre arrive une urne aux larges flancs :
Mon Grec s'enivre et sur Pégase il grimpe,

1. Saporta, *Le Monde des plantes avant l'apparition de l'homme*, 1879, p. 220 et 347.

Chaud du nectar qui pousse au merveilleux.
L'outre était pleine, il en sort un Olympe.
Le vin de Chypre a créé tous les dieux[1].

S'adressant au bienfaiteur qui enseigna l'agriculture aux hommes, au dieu qui conquit les Indes un thyrse à la main, à celui qui répandit

. . . . sur les monts du Bosphore
Les pampres enlevés aux portes de l'Aurore,

le chantre des *Saisons* s'écrie:

Tu couvris de raisins les rochers de Lesbos,
Ta liqueur inspira les Muses, les héros,
Et ton culte polit la Grèce encor sauvage.
. . . .
La Gaule à ton nectar dut sa gaîté brillante,
Le charme des festins et le sel des bons mots[2].

Il est juste de rendre hommage aux qualités incontestables du fruit de la vigne; il est juste de glorifier ceux qui nous l'ont apporté, qui nous ont appris l'art de le transformer en une liqueur précieuse. Mais les petits passeront-ils donc toujours inaperçus dans le monde? D'où vient que les hommes semblent dominés par un irrésistible besoin de s'incliner devant la force? On dirait qu'ils ne peuvent jamais supposer qu'un grand bienfaiteur soit un modeste et un simple. Ils n'attribuent leur reconnaissance qu'à des êtres tout-puissants. Lorsqu'ils n'en ont pas, ils en créent.

Dans leur enthousiasme, ils ont donné au vin une origine divine; c'est le fils de Jupiter lui-même, Dionysos, qui leur en a fait présent. Eh bien, n'en déplaise aux mythophiles, ce n'est pas un dieu, pas même un demi-dieu; ce n'est ni un patriarche, ni un pharaon; c'est le plus infime des êtres, une simple cellule. Et il a fallu de

1. Béranger.
2. Saint-Lambert.

longs siècles, toute la science de l'humanité, tous les efforts du génie ; il a fallu entasser formules sur expériences, physique sur chimie, botanique sur zoologie, anatomie sur physiologie, armer la mathématique et la méthode, pour se soustraire aux imaginations et aux légendes, descendre de l'empyrée et découvrir le véritable bienfaiteur, modestement caché dans un cellier.

CHAPITRE II

FERMENTS SOLUBLES OU DIASTASES

Diastase proprement dite ou céréaline. — Grain de blé. — Germination. — Transformations diverses opérées dans les végétaux. — Inverline. — Saponine. — Émulsine. — Myrosine. — Venins des serpents, des tarentules, etc. — Pepsine. — Plantes carnivores. — Drosera rotundifolia. — Dionœa muscipula. — Aldravandia vesiculosa. — Népenthes. — Sarracéniées. — Carica-papaya. — Diastases, agents de la digestion. — Farine. — Amidon. — Gluten. — Action de la diastase dans la graine qui germe et dans la pâte de pain. — Analogie et différence entre les ferments figurés et les ferments solubles.

Les ferments cellulaires, tels que le microbe dont nous venons de parler, sont tous désignés sous le nom de *ferments figurés*, parce qu'ils ont une forme spéciale, si élémentaire qu'elle soit. Mais tous ne se comportent pas de même, car tous n'ont pas pour aliments des matières premières de même valeur chimique. Les uns réalisent la fermentation simplement et par leur intervention immédiate. Le sucre de raisin se prête facilement à leur travail. D'autres sont impuissants à décomposer directement les corps auxquels ils empruntent leur nourriture; ils les attaquent à l'aide de substances plus ou moins liquides qu'ils sécrètent, et auxquelles on a donné le nom de *ferments solubles* ou *diastases*. D'autres enfin, comme le Saccharomyces ellipsoïde, notre fabricant de vin, agissent tantôt par eux-mêmes, tantôt par leurs

diastases. D'autre part, il n'y a pas que les diastases des ferments figurés. Certaines sont sécrétées soit par des glandes, soit par les cellules même de divers tissus animaux ou végétaux.

La plus anciennement connue est celle qu'on rencontre dans les graines de céréales, dans les tubercules de la pomme de terre et en général dans tous les végétaux où il y a de l'amidon. C'est elle qui, sous l'influence de circonstances favorables : chaleur, humidité, etc., effectue la transformation de cette substance. Elle en fait du sucre. — Le phénomène correspond aux premiers mouvements de vie de la plante. — Substance amorphe, blanchâtre, elle est soluble dans l'eau et insoluble dans l'alcool. On l'appelle la *diastase* proprement dite : elle peut être considérée comme le type de toutes les autres. Dans les cellules des céréales, elle prend plus particulièrement le nom de *céréaline*.

Un grain de blé (fig. 15) se compose d'une écorce, d'une amande nommée *cotylédon* et d'un *embryon*. Celui-ci est le germe, le fœtus, la promesse de vie. Il est enfermé dans la graine comme dans l'œuf l'oiseau que sa mère couve.

Après les semailles, lorsque le moment de la germination arrive, des forces qui semblaient sommeiller se manifestent. Il s'anime, devient phantule, grandit et sort de terre. Le cotylédon, qui joue ici le rôle du blanc de l'œuf, et qui est une véritable mamelle, a trouvé et puisé en lui-même les matériaux de précieuses sécrétions; il s'est donné tout entier à la petite plante, il l'a nourrie : c'est de lui qu'elle est faite. A cette œuvre, on a pu le voir s'amollir, se gonfler, puis diminuer, se résorber et disparaître. Ses éléments se sont fondus, transformés en une matière liquide, fluide, sucrée, en une sorte de lait qui a servi à l'alimentation du blé pendant les premiers jours de son existence, jusqu'à ce

que le jeune végétal ait atteint l'âge où il prend sa nourriture dans le sol et dans l'air.

Beaucoup de plantes ont des cellules qui sécrètent des



Fig. 14 et 15. — Épis de blé et grain coupé longitudinalement.

huiles, des gommes, des sucs laiteux, de doux nectars; un petit nombre s'en font des réserves. Mais celles-ci ne sont pas propres à être utilisées directement pour la nutrition des végétaux qui les recèlent. Elles ont besoin

d'être modifiées dans leur constitution chimique. Ce sont encore des diastases qui en préparent l'assimilation.

Ainsi la betterave, pour croître et se développer, accumule dans son énorme racine, et sous forme de sucre, une quantité considérable de carbone, d'hydrogène et d'oxygène. Mais ce sucre, tel quel, ne peut servir d'aliment à la plante. Pour qu'elle l'absorbe, il a besoin d'une préparation spéciale : il faut que chacune de ses molécules soit intimement unie à une molécule d'eau. Avant qu'il ne monte dans les tiges et dans les feuilles, pour y concourir à la confection de tissus nouveaux, une diastase, l'*invertine*, le change en un composé assimilable appelé *sucre interverti*[1].

Des phénomènes de même ordre s'observent dans toutes les plantes. Des substances diverses, élaborées par des diastases, émigrent des racines et des bulbes, pour se transporter dans les tiges, les feuilles et les fleurs. La maturation des fruits elle-même résulte d'une série de transformations analogues.

Quelques-unes seulement de ces diastases nous sont connues. L'une d'elles, la *saponine*, dissout les matières grasses emmagasinées dans les graines oléagineuses. Elle est abondante dans l'écorce de Quillaia (écorce de Panama), ainsi que dans les racines, les tiges et les feuilles de la Saponaire. Elle donne avec l'eau un liquide savonneux qu'on emploie pour le dégraissage des étoffes.

L'*émulsine*, autre diastase, préside à la production de l'essence d'amande et de l'acide prussique, dans les amandes amères et les feuilles de laurier. Nous devons à ce ferment le plus terrible des poisons et l'essence agréable que les parfumeurs extraient des fruits de l'amandier.

1. La formule du sucre de betterave est $C^{12}H^{11}O^{11}$. Celle du *sucre interverti*, comme celle du sucre de raisin, est $C^{12}H^{12}O^{12}$.

Lorsqu'on mélange de la farine de moutarde avec de l'eau, c'est encore une diastase, la *myrosine*, qui en dégage l'huile essentielle dont l'odeur est si forte et si caractéristique.

Ce serait une diastase qui, s'échappant des poils glanduleux des orties et, pénétrant sous l'épiderme dans la main qui les a effleurées, cause une si vive douleur.

Les venins des serpents, des tarentules, des scorpions, des guêpes, des cousins, sont également considérés par quelques-uns comme des ferments solubles.

Une diastase, la *pepsine*, attaque les substances albuminoïdes. C'est elle, pense-t-on, qui, dans certains végétaux, liquéfie et rend assimilables les aliments d'origine animale que ceux-ci absorbent parfois. Car, s'il faut en croire de savants *on dit*, il y aurait de bien méchantes petites plantes dans le monde. Quelques-unes cacheraient, sous d'innocentes et gracieuses apparences, des mœurs fort cruelles. Elles portent un nom affreux : on les appelle *carnivores*[1]. Pour l'honneur et la bonne ré-

1. Il ne faudrait pas prendre à la lettre le mot de *carnivores*. Ces plantes, en réalité, se nourrissent comme les autres. Elles ne sont carnivores qu'accidentellement, accessoirement. La digestion de substances animales par les sucs qu'elles sécrètent, et qui se produit seulement lorsque le hasard leur apporte quelque bestiole, a fait naître autour d'elles une vraie légende ; elles sont devenues de petits ogres. Il convient de n'accepter tous ces dires que sous réserve de contrôle. Jusqu'à présent, malgré la haute autorité de Darwin, qui d'ailleurs est loin d'avoir présenté l'absorption de substances animales comme le mode d'alimentation unique ou même important de ces plantes, il n'est point certain que cette nourriture leur soit nécessaire. Ce phénomène n'est pas non plus aussi exceptionnel qu'on pourrait le croire. Chez un grand nombre de végétaux, les tiges, les feuilles et même les fleurs contiennent des acides capables de dissoudre plus ou moins les matières azotées.

Depuis longtemps on sait que l'azote répandu dans l'air, sous forme d'ammoniaque, et absorbé par les parties aériennes des plantes, est, dans certains cas, très favorable à leur santé. Un horticulteur anglais a même utilisé cette connaissance pour rendre la vigueur à des végétaux malades. Il avait établi une véritable infirmerie dans l'une de ses serres. Il chargeait l'air de carbonate d'ammoniaque et, dans

putation des végétaux, elles sont rares, hâtons-nous de le dire. D'ailleurs nous aimons à penser que le dernier mot n'est pas écrit, que la constatation de leurs instincts pervers n'est pas définitive. Il faut cependant qu'il y ait en tout ceci quelque chose de vrai, et, si les habitudes qui leur sont attribuées ne sont pas aussi générales qu'on l'a prétendu, certains actes légitiment le bruit qui court. Quoi qu'il en soit, les auteurs les plus accrédités ont donné les détails les plus précis[1]. A les en croire, ces plantes sont terribles. Tout en elles est embûche et piège. Malheur à l'insecte qui s'y pose, il est condamné à mort. Elles le mangeront!

Les espèces n'en sont pas nombreuses; la plupart sont originaires de l'Amérique du Nord. Nous en possédons quelques-unes.

Il y a, sous l'herbe de nos bois[2], une fleurette blanche

ce milieu spécial, il voyait ses plantes chlorotiques reprendre peu à peu leurs forces et leurs couleurs. Une solution d'ammoniaque, mise à l'aide d'un pinceau sur des feuilles pâlies, donne le même résultat.

Les insectes qui échouent sur les plantes carnivores se trouvent en présence d'un liquide qui ramollit leur substance. Si ce liquide est un acide ou une pepsine, il attaque la substance azotée, la décompose peu à peu et la réduit en une bouillie qui pénètre par endosmose à travers les membranes des cellules mêmes de la feuille. C'est dans ce sens qu'il faut admettre les propriétés, les appétits des plantes incriminées. On n'a pas constaté, que nous sachions, l'existence d'aucun vaisseau, d'aucun organe particulier qui indiquât une fonction spéciale et qui, de près ou de loin, permît de considérer ces végétaux comme se nourrissant autrement que les autres. On peut, dans beaucoup de fleurs des champs campanulées et redressées, dans les gentianes par exemple, voir souvent de petites mouches, noyées dans l'eau de pluie ou de rosée que retiennent les corolles, se ramollir et se décomposer. Ces fleurs ne sécrètent pas, comme les feuilles des plantes carnivores, une *pepsine* qui aide à la dissolution des éléments de l'insecte; néanmoins, l'eau jaunie et légèrement épaisse indique bien qu'une partie de la substance azotée est dissoute, et certainement cette eau est peu à peu absorbée par les parois de la corolle.

1. Ch. Darwin, *les Plantes insectivores.*

2. Bois de Montmorency, bois de Guise, col de Prémol (Dauphiné), etc.

à l'air innocent, la *Rossolie* ou Rosée du soleil (fig. 16) [1]. L'enfant qui cueille les boutons d'or et les pâquerettes

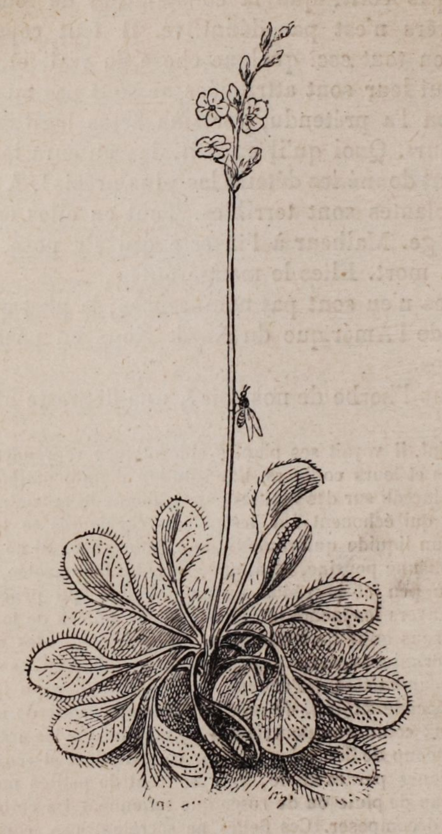


Fig. 16. — Rossolie ou *Drosera rotundifolia*.

ne la remarque pas. Pourtant elle n'est pas vulgaire. Des poils colorés bordent ses feuilles disposées en rosettes; à leurs sommets des glandes limpides étin-

1. Appelée encore *Drosera rotundifolia*.

cellent; on les prendrait pour des gouttelettes de rosée que le soleil n'a point voulu boire, d'où le joli nom donné à la plante.

Eh bien, de graves soupçons planent sur la pauvrette, et le témoignage de Darwin lui-même s'élève contre elle. L'acte d'accusation est formel : elle cache dans ses glandes un corrosif, une *pepsine*. Lorsqu'un insecte, en quête d'une goutte de nectar, s'en approche et, sans méfiance, se pose sur elle, il ne tarde pas à être victime de son inexpérience; les poils irrités se renversent et se croisent sur lui, comme les bras gluants d'une pieuvre; la feuille elle-même se referme et, les brillantes gouttelettes ruisselant à l'intérieur, le prisonnier est bientôt réduit en bouillie, absorbé, digéré. C'est horrible!

Heureusement pour la Rossolie, il y a encore de par le monde des redresseurs de torts, de galants chevaliers. Elle a trouvé un avocat. M. Musset a présenté sa défense devant l'Académie des sciences[1]. Il a rédigé un mémoire justificatif. Il affirme avoir observé, pendant trois ans, les faits et gestes de la petite plante; il l'a vue en liberté sur la montagne; il l'a étudiée dans son laboratoire, et jamais il n'a pu la surprendre en flagrant délit. Même elle serait *végétarienne*, car le défenseur a quelquefois aperçu sur ses feuilles des fragments de sphaignes et de polytrics. Espérons que, si son innocence est reconnue, l'accusée sera hautement réhabilitée.

Mais voici de véritables carnivores.

La *Dionée attrape-mouches* (*Dionœa muscipula*) (fig. 17), qui croît dans les marécages de l'Amérique du Nord, a ses feuilles bordées aussi de cils glanduleux et divisées en deux lobes demi-ovales, semblables aux coquilles du mollusque qui porte le nom de *Vénus*. Qu'un insecte s'approche, tenté par le suc des glandes,

1. *Ac. des Sc.* Compt. rend., séance du 16 juillet 1883.

les deux lobes de la feuille s'appliquent l'un sur l'autre, les cils se croisent, et l'imprudent est capturé comme dans une souricière. Les parois de sa prison l'écrasent.

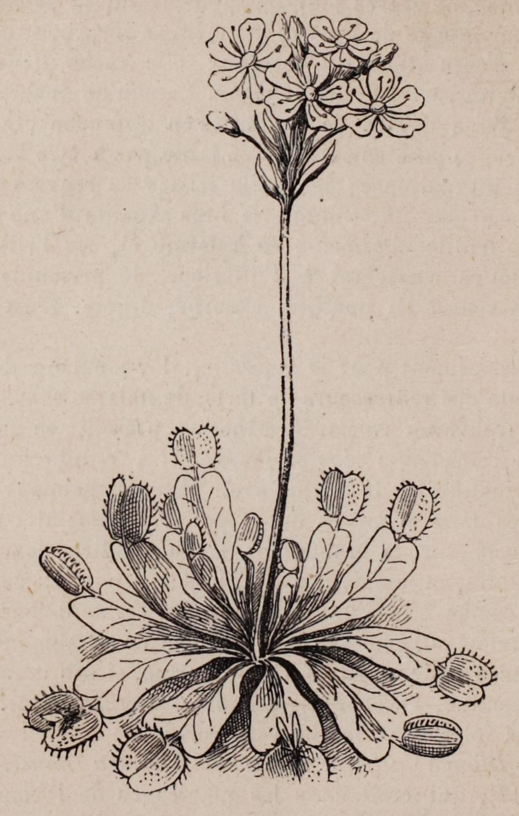


Fig. 17. — *Dionœa muscipula.*

Plus il se débat, plus elles se resserrent. Il ne tarde pas à mourir sous cette affreuse étreinte; puis, peu à peu, dissous par la liqueur diastasique, il est assimilé par la plante, qui s'en fait de nouveaux tissus.

L'*Aldrovanda vesiculosa* (fig. 18) semble être une dionée aquatique en miniature. Les feuilles sont translucides, tant la texture en est délicate; munies de petites ampoules, elles flottent à la surface de l'eau et s'ouvrent ainsi que les valves d'une moule vivante; au moindre contact des petits crustacés, des larves que le courant apporte ou qu'une brise légère fait échouer sur elles, elles se referment, et la petite carnivore a saisi sa proie.



Fig. 18. — Aldrovanda vesiculosa.

Qui ne connaît, pour les avoir vues dans nos expositions d'horticulture, les *Népenthes* de l'Inde et de Madagascar? Ces plantes si charmantes, si gracieuses, sont d'insatiables insectivores : ce sont des sirènes qui ne fuient point; l'abîme est en elles. Malheur à la pauvre bestiole qui se laisse tenter! Une outre élégante se balance à l'extrémité de chaque feuille. Un petit couvercle à charnière l'ouvre et la ferme tour à tour. Au fond, souvent, on peut voir un liquide transparent : c'est l'eau de la rosée ou le nectar de quelque glande. Un insecte vole-t-il sur les bords de la coupe pour s'y désaltérer, s'avance-t-il pour boire dans le vase une liqueur précieuse, tout à coup le couvercle de l'urne s'abaisse : il est dans un gouffre d'où nul ne le verra plus sortir.

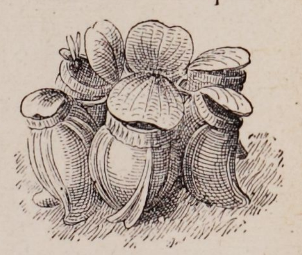


Fig. 19. — Cephalotus follicularis.

Bien petit est le *Cephalotus follicularis* (fig. 19). Ses

outres sont non moins perfides et nombreuses sont ses hécatombes.



Fig. 20. — Sarracenia variolaris.

Les *Sarracéniées* de l'Amérique du Nord[1] (fig. 20

1. *Sarracenia purpurea. Sarracenia flavia. Sarracenia variolaris, Darlingtonia,* etc. Il y a quelques années des botanistes ont planté dans la forêt de Montmorency des Sarracéniées qui y prospèrent admirablement.

et 20 *bis*), qui s'acclimatent si bien sur notre sol, forment, de leurs feuilles enroulées et garnies de poils, de longs cornets; on dirait de somptueux abris d'émeraude construits pour les mouches d'or. Beaucoup y viennent, hélas! Il le faut bien, s'il est vrai que leur mort soit utile à la plante. Le superbe palais est un tombeau où elles accourent follement s'ensevelir. A peine l'une d'elles a-t-elle pénétré sous les fraîches tentures, que de toutes parts des piques, des glaives se soulèvent. La fuite est impossible. Elle ne volera plus aux rayons du soleil, la belle mouche, elle a bu son dernier nectar.



Fig. 20 bis. — Sarracenia flavia.

Le *Carica papaya*, des contrées tropicales, sécrète égalementune diastase qui désagrège les fibres musculaires. Depuis longtemps le docteur Holder a signalé les propriétés du suc laiteux contenu dans les fruits et le tronc de cet arbre[1]. Les habitants des pays où on le cultive prétendent que ses exhalaisons mêmes exercent une action dissolvante, et ils suspendent aux branches les viandes qu'ils veulent attendrir[2].

1. *Transact. de la Soc. Werner*. vol. III.
2. MM. Wurtz et Bouchu ont fait venir d'Amérique une certaine

Ces faits, quelque accidentels qu'ils soient, méritent de fixer l'attention. Ne révèlent-ils pas une analogie de plus entre les deux branches du règne organisé? Les plantes carnivores doivent à une diastase la possibilité de s'assimiler des substances animales. De même, dans notre propre corps, des diastases sont sécrétées par des milliers de glandes simples ou agglomérées qui tapissent les parois internes de nos organes de la digestion. Elles appartiennent à différentes sécrétions de cet appareil, telles que la salive, le suc gastrique, etc. Les unes transforment l'amidon en sucre, d'autres s'attaquent aux combinés albuminoïdes, d'autres aux matières grasses, et nos aliments, rendus assimilables, peuvent ainsi peu à peu devenir partie intégrante de nous-mêmes [1]. Quelques animaux inférieurs, tels que les *Amibes*, n'ont ni bouche, ni estomac, ni intestin, ni glandes, pas la moindre trace d'appareil digestif. Les aliments qu'ils absorbent par voie d'endosmose rencontrent la diastase dans les cellules mêmes qui constituent leur corps.

On voit quel est le rôle considérable des diastases. Chez les végétaux, elles opèrent une véritable digestion, puisqu'elles permettent l'assimilation de composés qui ne peuvent être utilisés directement pour la nutrition de la plante. Chez les animaux, de la chair des uns, elles préparent la substance dont se forme celle des autres.

quantité de suc de *Carica papaya* pour reconnaître la nature et le mode d'action du ferment digestif contenu dans cette plante. Mis en contact avec la viande crue, le blanc d'œuf cuit, le gluten, il les a ramollis en quelques instants, et a fini par les dissoudre au bout de quelques heures, à une température de 40 degrés. Le lait est coagulé, et la caséine précipitée se dissout ensuite. Des fausses membranes du croup, retirées après la trachéotomie, ont été attaquées et digérées en quelques heures. (*Ac. des Sc. de Paris*, 25 août 1879.)

1. Dans la salive, une diastase, la *ptyaline*, change l'amidon en sucre; dans le suc gastrique, une autre diastase, la *pepsine*, attaque surtout les substances albuminoïdes ; enfin, dans le suc pancréatique, une diastase encore, la *pancréatine*, agit principalement sur les matières grasses, qu'elle émulsionne.

Bien plus, d'après de récentes observations [1], les appareils de notre organisme n'auraient pas le monopole absolu de nos fonctions digestives; des microbes s'introduiraient dans les intestins avec nos aliments et sécréteraient des diastases qui, elles aussi, exerceraient une action importante [2].

Les diastases sont donc les agents directs de notre digestion. Elles sont ainsi l'instrument principal des actes vitaux à la surface du globe; elles concourent à des phénomènes qui n'intéressent point seulement chaque individu, mais qui gouvernent les grandes transformations de la matière à travers les trois règnes.

L'industrie humaine, qui s'empare de tout dans la nature, qui dérobe à l'abeille son miel, au ver à soie son riche cocon, emprunte à la plante ses réserves, huiles, résines, gommes, sucs laiteux, sucre, amidon, etc. Elle utilise les unes directement, change les autres en divers produits fermentés, tels que la bière, le pain, etc. Pour la fabrication de ces derniers, la diastase végétale est de la plus grande importance. Il n'y a pas de bière sans alcool, ni de pain sans acide carbonique. Or, ces deux substances nées de la fermentation alcoolique, ne peuvent se développer, sous l'influence des *ferments figurés*, qu'aux dépens du sucre, et c'est la diastase contenue dans les cellules végétales qui, par une première opération, fait le sucre indispensable, avec les éléments des graines d'orge, de seigle, de froment, etc.

L'homme ne confie donc pas à la terre, pour l'ensemencer, tout le rendement de ses moissons; la plus grande partie, chaque année, est consommée pour son usage. Dans ce but, la jeune graine, arrêtée dans sa croissance

1. Duclaux, *Ferments des maladies*.
2. Ces mêmes microbes, expulsés avec les déjections des animaux, auraient de même l'action la plus considérable dans la confection des fumiers.

et livrée à des manipulations industrielles, devient la base de divers produits alimentaires; le brasseur en utilise une partie, l'autre est destinée au boulanger. Celle-ci est portée au moulin ; là elle est broyée, triturée; ses éléments sont habilement dissociés; l'écorce devient du son, et l'amande de la farine.

Cette farine, si blanche à l'œil, si douce au toucher, si fine, si ténue, se compose elle-même de deux substances : l'*amidon* et le *gluten*. On peut facilement les séparer. Il suffit de pétrir la farine de manière à en faire une pâte et de l'exposer sous un mince filet d'eau : le liquide entraîne l'amidon, qui lui donne une apparence laiteuse, blanchâtre. C'est ce même amidon que les repasseuses emploient pour empeser notre linge [1] et dont nos pères jadis poudraient leurs perruques. Il est, dans la fabrication du pain et de la bière, l'élément dont la diastase s'empare pour faire le sucre. Après le passage de l'eau, il reste une substance élastique, visqueuse, d'un blanc grisâtre, et qui est le *gluten;* essentiellement azotée, elle constitue la partie nutritive des farines.

Qu'on laisse germer une graine de blé, d'orge ou de toute autre céréale, qu'on abandonne à elle-même une pâte faite de farine et d'eau, l'amidon disparaît peu à peu, il devient du sucre sous l'influence de la diastase.

On comprend dès lors que la graine ou les pâtes sucrées puissent, comme le moût du raisin, tenter les saccharomyces et subir la fermentation alcoolique.

C'est grâce à ces deux sortes de fermentations, l'une effectuée par une *diastase* qui transforme l'amidon en sucre, l'autre par un *ferment figuré* qui fait avec ce sucre de l'acide carbonique et de l'alcool, que l'on obtient

1. Au contact de l'eau chauffée, vers 55° à 65°, les grains d'amidon se gonflent énormément sans se dissoudre et absorbent de l'eau jusqu'à acquérir plusieurs centaines de fois leur volume primitif. Si la quantité de liquide est insuffisante, ils s'accolent bientôt et se soudent en une masse gélatineuse et transparente qu'on appelle *empois*.

la bière, le pain et les alcools de grains. Nous étudierons ces divers produits dans les chapitres suivants.

Une grande analogie existe, on le voit, entre l'action des *ferments figurés* et celle des *ferments solubles*. Les uns et les autres agissent en très petites quantités sur des masses considérables. Mais, tandis que les premiers, végétaux cellulaires, se nourrissent et se multiplient dans les substances qu'ils décomposent, les diastases, simples sécrétions, s'épuisent à mesure qu'elles opèrent des transformations autour d'elles [1].

1. En étudiant le suc laiteux du *Carica papaya*, Wurtz a trouvé une explication très plausible de la puissance avec laquelle une très faible proportion de diastase exerce une influence sur des masses considérables.

Il a vu que, quand la *papaïne* (principe actif du suc laiteux) est en contact avec de la fibrine insoluble, celle-ci est attaquée et devient en partie soluble et assimilable. Mais il se produit en même temps une matière insoluble analogue à une peptone (*Dyspeptone*). En présence de l'eau, cette matière se dédouble; elle met en liberté la *papaïne* et donne une peptone soluble et assimilable. La *papaïne*, ainsi redevenue libre, peut agir sur une nouvelle quantité de fibrine, en formant un autre précipité insoluble, lequel, sous l'influence de l'eau, se dédouble encore en *papaïne* et peptone soluble. Et ainsi 2, 3, 4, 20, 100, 1000 fois et plus, la même *papaïne* peut exercer son action dissolvante sur de nouvelles quantités de fibrine. (Wurtz, *Compt. rend. de l'Ac. des Sc.*, 1880, vol. II, p. 787.)

CHAPITRE III

FERMENTATION ALCOOLIQUE

SACCHAROMYCES CEREVISIÆ

LA BIÈRE

Orge germée. — Céréaline. — Transformation de l'amidon en maltose et dextrine. — Houblon. — Action des Saccharomyces. — Ferment inversif. — Conversion du maltose en sucre interverti. — Levûre haute. — Levûre basse. — Reproduction par bourgeonnement, par spores. — Origine de la bière.

Le blé, l'avoine, le chiendent et beaucoup d'autres végétaux peuvent servir à fabriquer des boissons alcooliques et mousseuses; mais l'orge germée, aromatisée de houblon, est, de toutes les plantes, celle qui donne la bière la plus estimée. Ses grains contiennent une quantité considérable d'amidon, plus de quarante pour cent. Or l'amidon est la matière première que les ferments emploient pour leur fabrication.

Lorsque les graines qui composent les jaunes épis de cette céréale (fig. 21 et 22) ont été enlevés de leurs tiges, il faut voir dans une brasserie de quelle sollicitude on les entoure. Tout d'abord on les baigne, pour qu'elles se gonflent et s'amollissent; puis, au sortir de l'eau, on les étend, par couches, dans une tiède atmosphère qui favorise leur germination. Alors la *diastase*[1] se développe,

1. Voir page 46.

et le petit embryon, plein d'espérance, allonge ses radicelles hors de sa coque (fig. 23). Mais à peine s'est-il

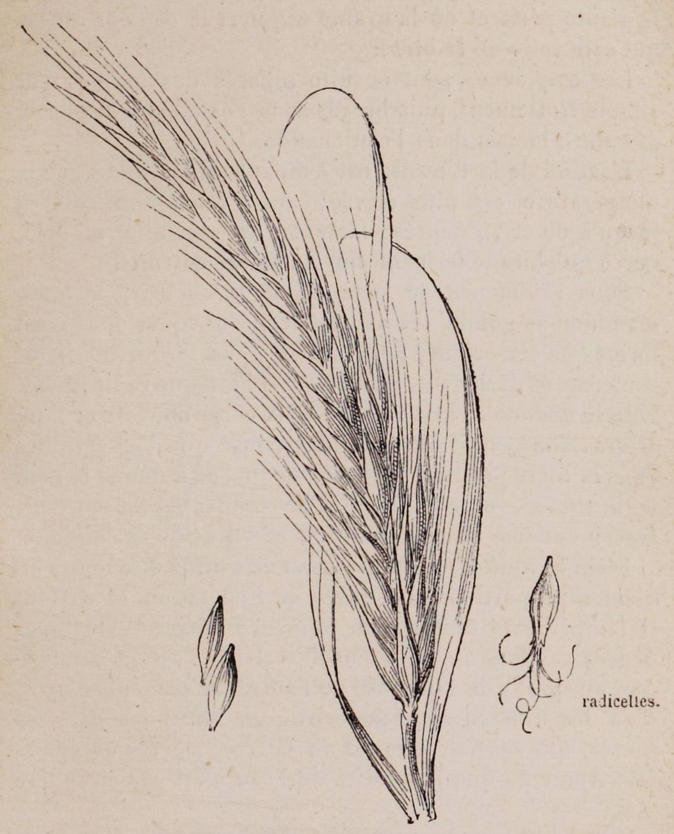


Fig. 21, 22 et 23. — Épi d'orge, graines d'orge et orge qui germe.

montré qu'on l'arrête, car, s'il grandissait davantage, il absorberait tout l'amidon de l'amande, et c'est ce qu'il ne faut pas. En éveillant à la vie le jeune végétal, le brasseur a voulu provoquer la formation du ferment soluble dont il a besoin pour les manipulations qu'il prépare;

son but atteint, il tue sans pitié le pauvre petit être. Amandes et embryons sont donc jetés dans une étuve où la plante périt et où la graine acquiert la couleur rousse qui sera celle de la bière.

Les cotylédons sont ensuite séparés des germes par simple frottement, puis broyés sous des meules de pierre, et enfin plongés dans l'eau chaude.

L'action de la diastase est d'autant plus grande que la température est plus élevée; aussi porte-t-on celle-ci jusqu'à 60 et 70 degrés; mais on ne peut aller au delà, parce qu'alors le ferment lui-même est détruit[1].

Sous l'influence de l'eau et de la chaleur, le grain d'amidon se gonfle, les couches concentriques dont il est formé[2] se dissocient; les cellules dans lesquelles il est renfermé se déchirent, et la diastase l'attaque rapidement. Elle le dédouble, le divise en deux corps nouveaux: l'un, la *dextrine*[3], substance mucilagineuse que l'on retrouve dans la bière ; l'autre, un sucre auquel on a donné le nom de *maltose*[4], et qui, bientôt livré aux Saccharomyces, sera lui-même chargé en alcool et en acide carbonique.

Mais le *maltose* et la *dextrine* ne sont pas toujours en mêmes proportions. La durée de l'opération et surtout la température ont ici une influence décisive. Quelques degrés de plus ou de moins favorisent l'action diastasique au profit de l'une ou de l'autre de ces substances, d'où les différences caractéristiques entre les diverses bières, qui sont alcooliques ou faibles, légères ou épaisses. Ajoutons que la qualité de l'eau n'est pas étrangère

1. Tantôt on verse sur ce mélange d'orge concassé et d'eau froide un liquide presque bouillant qui le réchauffe : c'est la méthode par *infusion;* tantôt on le soumet directement à la chaleur : c'est la méthode par *décoction.*

2. Voir fig. 46, p. 197.

3. La formule chimique de la *dextrine* est la même que celle de l'amidon $C^{12}H^{10}O^{10}$.

4. Le *maltose* est un sucre qui contient un peu moins d'eau que le sucre de raisin. Il a pour formule chimique $C^{12}H^{11}O^{11}$.

à la valeur du produit. Les eaux calcaires passent pour être les meilleures [1].

Lorsque le liquide est ainsi devenu mucilagineux et sucré, il constitue ce qu'on appelle le *moût*. Le brasseur en provoque l'ébullition et le sème de fleurs qui lui donnent leur saveur et leur parfum, au dire des buveurs, en réalité leur amertume.

La plante qui fournit son arome est le *Houblon* (fig. 24). Singulier végétal, il est à la vigne ce qu'est la bière au vin.

On connaît ces tiges demi-raides et demi-flexibles, qui s'étalent sur les haies, anguleuses, ternes et sans ton, traînant leur encombrante vanité au milieu des églantiers roses et des blanches aubépines. L'insecte aux élytres d'émeraude ne s'y arrête pas. Ce ne sont pas elles que visitent les beaux sphynx à la riche diaprure. Elles nourrissent un seul papillon, l'Hépiale ; celui-là est lourd, jaunâtre et presque nocturne. Leur feuillage veut imiter celui de la vigne ; mais il est rude, les lobes sont grêles, et les contours n'ont qu'une fausse élégance ; on le dirait taillé par quelque fabricant de jouets de Nuremberg.

Dans les cultures de l'Est et du Nord, le houblon s'élève autour de longs échalas, comme s'il espérait passer pour un pampre ; mais il se hisse en spirales maladroites, prétentieuses et sans grâce. Ainsi que les treilles aux feuilles de pourpre, il ose former des tonnelles et des berceaux ; mais son ombre est froide, ses voûtes sont sans couleur ni transparence. Comme le jasmin parfumé et la glycine fleurie, qui égayent le seuil des riantes maisonnettes, il tapisse les murailles blanches et grimpe jusqu'aux toits ; mais la demeure qu'il recouvre reste triste.

Il semble qu'il y ait dans le lointain de ses origines des

1. On connaît aussi, depuis peu, trois espèces de levûres qui donnent trois qualités différentes de bière.

4.

croisements incorrects, des hérédités contradictoires, des tendances irréductibles : rien n'est hautement personnel en lui ; il n'a rien de l'individualité qui marque les plantes



Fig. 24. — Houblon.

de grande race qu'il copie ; il fausse ce qu'il leur emprunte. Il est d'allure guindée et pédante ; c'est l'emblème de la sottise. Des poètes l'ont chanté. On peut assurément soupçonner ceux-là d'avoir été trop pleins de leur sujet.

Il est tout parsemé de petites grappes vertes et de cônes panachés. Grappes et cônes sont fleurs. En mai tout est fleur. Les unes portent les étamines, les autres les pistils. Les cônes ont une odeur forte et vireuse. Ils ressemblent à de gros bourgeons suspendus à de grêles supports et qui, penchés vers la terre, essayent de s'agiter au souffle des vents. Et pourtant, ils sont sans consistance, légers, faits d'écailles imbriquées, verdâtres et chlorotiques, d'aspect parcheminé, comme des fleurs de papier.

Quand la douce brise passe sur les buissons et porte aux corolles, qui l'attendent, le blond pollen qui embaume, les noisetiers et les saules se penchent sous son frôlement, et les étamines gonflées s'entr'ouvrent pour lui confier leur féconde poussière d'or. Le rêche houblon entend ce que la nature dit aux saules, et, puisqu'il a des fleurs, ses grappes aussi tressaillent, et, comme les beaux arbres, il donne son pollen au vent. Et c'est ainsi qu'en automne, ses graines couvrent le sol, et que, peu à peu, le long des grands chemins, ses végétations avides envahissent les haies.

Il se répand dans les bois, il se plaît aux clairières. Indigène des contrées brumeuses, le soleil le tente, il cherche à s'étendre vers l'ouest et le sud ; mais il n'est pas fait pour la lumière, et le midi l'arrête.

Il est proche parent de l'ortie méchante. Celle-ci du moins se dresse fièrement. Lui, il est né pour ramper. Linné, qui le connaissait bien, lui a infligé le nom de *Humulus*[1]. Il est affolé d'ambition, mais incapable de s'élever par ses propres forces. Médiocre, plat, égoïste, il se glisse, il s'insinue partout, d'abord humblement entre les branches ; puis il saisit l'arbuste le plus haut, le caresse, s'y appuie, s'y cramponne, se faufile à travers les rameaux. Bientôt il le couvre, et l'étouffe au besoin. Pline l'appelait *Lupulus*, petit loup. On ne voit plus que

1. De *Humus :* terre.

lui ; il semble se prendre pour l'arbre même qui le porte, et il éclate d'orgueil.

Alors il est bon à tout. Il offre les fibres de ses tiges pour celles du chanvre; il présente ses jeunes pousses aux tables d'outre-Rhin, pour l'asperge succulente; il donne aux brasseries l'amertune de ses fruits, comme le raisin son délicat bouquet à la cuve de vendange.

Toutes les fleurs de la plante ne sont pas également précieuses au brasseur; seuls les cônes sont recueillis avec soin et utilisés. A la base de leurs écailles est sécrétée, sous forme de petits grains jaunes, contrefaçon de perles d'ambre, la substance aromatique, la fameuse *lupuline* qui, dissoute dans le moût bouillant, lui cède un principe amer, une matière résineuse et une essence odorante. A cette dernière sont attribuées des propriétés narcotiques; peut-être la bière lui doit-elle ses effets abêtissants [1].

Sous prétexte qu'il brunit au contact du sulfate de fer, le houblon passe pour tonique, sédatif, stomachique, digestif. En réalité, il est surtout enivrant et somnifère.

Tel est le pampre de Germanie.

Quand le moût sucré est complètement houblonné, on le laisse refroidir et on l'abandonne à la *fermentation alcoolique*, c'est-à-dire à l'action des Saccharomyces, dont la présence se manifeste en ce moment. Les phénomènes sont analogues à ceux que l'on observe dans les cuves remplies de raisin. Toutefois, pour la fabrication de la bière, le travail accompli est plus ou moins rapide, et l'opérateur ne semble pas être toujours le même.

De plus, le Saccharomyces ne peut pas attaquer directement le maltose. Pour y parvenir, il faut qu'il le ramène à une composition identique à celle du sucre de raisin. Il obtient ce résultat en exsudant à travers sa

1. Le houblon donne encore à la bière une petite quantité de sucre et du *tanin*, substance qui diminue un peu l'altérabilité de la bière.

membrane une diastase, *ferment inversif*, qui, ajoutant au maltose une molécule d'eau, le change en *sucre interverti* [1]. Celui-ci est ensuite dédoublé en alcool et acide carbonique.

Ce curieux mode d'action n'appartient pas seulement aux Saccharomyces; d'autres champignons microscopiques, tels que les *Penicilliums* et les *Aspergillus* [2], mis en présence du maltose, du sucre de betterave ou du sucre de canne, se comportent de même[3].

1. Lors du blocus continental, sous Napoléon Ier, lorsque tout arrivage de sucre des colonies était intercepté, on chercha à se procurer cette substance par des moyens nouveaux. On fit avec la betterave du sucre semblable à celui de canne. Un chimiste, Proust, ayant essayé d'extraire le sucre du raisin, n'obtint qu'un sucre d'un aspect terne, grenu, qu'on parvint à blanchir, mais qu'il fut impossible de faire cristalliser. On fabriqua aussi du sucre en faisant bouillir du bois râpé dans de l'eau additionnée d'acide chlorhydrique. Mais ce sucre ne cristallisait pas davantage. On vit ainsi que les sucres ne sont pas tous identiques. Les uns, comme le sucre de canne et le sucre de betterave, peuvent se solidifier, ils cristallisent et ont pour composition chimique $C^{12}H^{11}O^{11}$; les autres, comme le sucre du raisin, le sucre qui se trouve dans le miel, dans le jus de pomme, de poire, etc., et le *sucre interverti*, ne cristallisent pas; ils ont pour formule $C^{12}H^{12}O^{12}$. On appelle *glucose* ou *glycose* tous les sucres incristallisables; ce sont les seuls susceptibles de subir directement la fermentation alcoolique.

2. Moisissures très communes que l'on rencontre fréquemment sur le fromage, le pain, les confitures, les fruits, etc., exposés à l'air humide. Elles sécrètent aussi une *diastase* susceptible de transformer en sucre interverti le maltose, le sucre de betterave et celui de canne.

3. Certains *Mucors* (*Mucor racemosus*, *Mucor spinosus*, *Mucor circinelloïdes*), moisissures aussi, et, à divers degrés, toute cellule végétale, en général, agissent de même que les *Penicilliums*, lorsqu'on les plonge dans un liquide sucré avec du *glucose;* mais lorsqu'on les met en présence d'un sucre cristallisable, aucune fermentation ne se manifeste, parce que ces organismes ne sécrètent pas de *ferment inversif* capable d'opérer préalablement une transformation en *glucose*.

La propriété de produire le *ferment inversif* varie d'ailleurs d'une espèce à une autre. Ainsi, parmi les *Saccharomyces*, s'il en est, comme la *levûre de bière*, qui intervertissent le sucre de canne, il en est d'autres, tels que la *levûre apiculée*, qui ne l'intervertissent pas. (*Compt. rend. de l'Acad. des sc.*, Gayon, 1882.)

La fermentation alcoolique est un phénomène que peuvent produire tous les organismes végétaux plongés dans un liquide sucré. Mais la plupart s'asphyxient très rapidement. Le Saccharomyces a la propriété de résister davantage, ce qui lui permet d'avoir une action plus complète. Très vivace, il prend l'oxygène partout où il le trouve : d'abord à l'air libre, à la surface de la cuve, puis à l'air dissous dans le liquide; enfin il s'attaque au sucre, dont il provoque la fermentation.

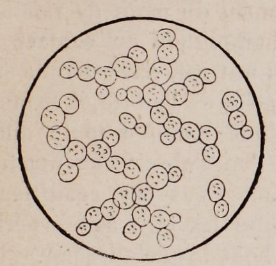
Si l'on conserve au moût la température de 15 à 20 degrés, comme on le fait généralement en Angleterre, et quelquefois en France, le liquide s'agite, il bouillonne; des bulles d'acide carbonique s'en échappent; le ferment se multiplie avec une rapidité extrême, il s'amasse en une couche épaisse à la surface, et en deux ou trois jours son travail est achevé. Le petit champignon, qui s'acquitte si promptement de sa tâche, a reçu le nom de *levûre haute*. Il offre l'aspect de cellules arrondies réunies en bourgeons rameux (fig. 25), et l'ensemble des phénomènes auxquels il préside est connu sous le nom de *fermentation haute*.

Lorsqu'on abaisse la température du moût jusqu'à trois ou quatre degrés, ainsi qu'on le pratique le plus souvent en Allemagne, en Autriche et de plus en plus en France, on a une *fermentation basse* qui dure de quinze à vingt jours. Le microbe apparaît alors sous la forme de cellules ovoïdes groupées en files et beaucoup plus petites que celles de la *levûre haute*. On l'appelle *levûre basse* (fig. 26). Celle-ci ne monte pas à la surface liquide, mais reste plongée dans le fond de la cuve.

Ces deux levûres constitueraient-elles deux espèces? M. Pasteur le pense. D'autres le nient et prétendent qu'elles sont un seul et même être microscopique. Ils le nomment *Saccharomyces cerevisiæ*[1]. Quelques-uns même

1. *Saccharomyces* signifie *champignon du sucre*. *Cerevisiæ* est le mot cerevisia (cervoise), nom ancien de la bière.

ajoutent qu'il n'est pas seulement *levûre haute*, ou *levûre basse*, suivant la température à laquelle il est soumis, mais qu'il peut encore se modifier de telle sorte qu'il produise, dans des conditions déterminées, diverses fermentations. Ainsi, nouveau Protée, le microbe changerait d'apparence et, selon les circonstances, s'adapterait avec une merveilleuse facilité aux différents milieux.



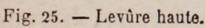


Fig. 25. — Levûre haute.

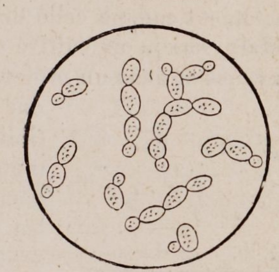


Fig. 26. — Levûre basse.

Quoi qu'il en soit, cette question n'est pas résolue, et le brasseur, qui ne veut rien abandonner à l'imprévu, dépose lui-même dans sa cuve des Saccharomyces provenant d'une opération précédente[1]; il ne les introduit qu'après les avoir examinés au microscope, après s'être assuré de leur identité avec autant de précautions que le ferait une sentinelle à l'égard de tout arrivant à la porte d'une ville assiégée. Néanmoins, il voit quelquefois se développer dans le liquide une levûre à laquelle il croyait fermement avoir interdit le passage. Celle-ci a-t-elle pénétré inaperçue ou bien existait-elle déjà dans le moût? Est-ce le *Saccharomyces cerevisiæ* lui-même qui s'est ainsi métamorphosé? — Nul ne le sait.

Afin d'éviter dans le liquide l'introduction de ferments

1. Dans la fabrication du vin, le ferment alcoolique se développe seul, parce que le jus de raisin, étant acide, est pour lui un milieu propice. Mais le moût de bière est à peu près neutre, par conséquent peu favorable au développement des Saccharomyces; il est donc nécessaire que le brasseur y importe le ferment, et en grande quantité.

autres que la levûre alcoolique, M. Pasteur a proposé d'effectuer la fermentation en vase clos; il a même fait des expériences de laboratoire qui ont complètement réussi; mais des industriels ayant voulu agir sur de grandes quantités, n'ont pas eu le même succès.

Dans les cuves du brasseur, la reproduction du *Saccharomyces cerevisiæ* s'effectue par *bourgeonnement*, exactement comme celle du ferment du moût de raisin[1].

Mais, lorsqu'on cultive ce champignon au contact de l'oxygène et dans un milieu peu nutritif, par exemple sur une tranche de carotte, il se multiplie d'une manière toute différente et l'on n'observe aucune fermentation. Dans ces conditions, les cellules les plus âgées périssent au bout de quelques jours; les autres, au contraire, s'accroissent, et dans chacune d'elles se montrent deux ou quatre très petites sphères brillantes, qui sont autant de semences. Celles-ci, désignées sous le nom de *spores*, s'échappent bientôt à travers une déchirure de l'enveloppe qui les retenait. Douze à vingt heures plus tard, chacune d'elles, simple masse protoplasmique, grandit, s'arrondit, se revêt d'une membrane, et à l'intérieur on voit apparaître les spores d'une nouvelle génération (fig. 27).



Fig. 27. — Saccharomyces. Reproduction par spores.

Depuis bien des siècles, le *Saccharomyces cerevisiæ* travaille à la fabrication de la froide et amère boisson du Nord. La bière, comme le vin, et peut-être plus encore que lui, remonte à la plus haute antiquité. Quelques auteurs veulent en attribuer l'invention à Osiris. Les Hébreux lui donnaient le nom de vin d'orge. Les anciens Danois, Scandinaves et Anglo-Saxons en faisaient leur liqueur favorite; ils croyaient qu'une des principales félicités des héros admis dans le palais d'Odin consistait

1. Voir page 20.

à boire de l'alc à longs traits dans le crâne de leurs ennemis vaincus.

L'usage de la bière a été généralement adopté dans les pays où le raisin se refuse à mûrir ; mais la supériorité du vin a toujours été incontestée. L'histoire en témoigne. Tous les peuples qui ont pu cultiver la vigne ont abandonné la bière. Ainsi avaient fait les Égyptiens et les Hébreux, qui cependant possédaient des céréales en abondance. Aussitôt qu'ils ont connu les rouges grappes, nos ancêtres ont lancé d'un jet derrière eux la cervoise dont s'emplissait autrefois leur verre, pour y verser le vin vermeil qui a certainement contribué à faire leur tempérament gaulois[1]. Bien avant qu'il n'eût couvert leurs coteaux, le pampre avait attiré les premiers habitants de la Gaule au delà des Alpes, sur les rives du Pô.

La vigne a toujours tenté l'homme du nord. Sous des prétextes divers et des allégations pompeuses, plus d'une nation a combattu pour la posséder. C'est elle que vinrent conquérir les Francs lorsqu'ils passèrent le Rhin et envahirent les régions de l'ouest, en ces temps de barbarie où les races, poussées par des instincts divers, se heurtaient, se mêlaient, se confondaient, se déposaient couche par couche sur l'antique sol et pétrissaient la substance des nations modernes. Aujourd'hui encore, en pleine civilisation industrielle et scientifique, alors que l'enfantement des nations est achevé et que l'histoire a tracé, pour la patrie de chacune d'elles, les limites rationnelles et nécessaires, si notre frontière est trouée, si du côté de l'est, d'insolentes convoitises se sont manifestées, si sur certaines cartes gothiques des tracés présomptueux s'allongent vers la Champagne et la Bourgogne,

1. Après l'invasion des Francs, il y eut une recrudescence dans l'usage de la bière. Dans les provinces du centre et du nord, pendant la dure période du moyen âge, le peuple des campagnes, très pauvre, buvait de la bière et surtout de l'eau.

est-ce parce qu'il coule de l'eau claire et fraîche à nos fontaines?

Dans l'antiquité, les hommes n'ont pas trouvé trop superbe de préposer une divinité à la naissance du vin. Dans le lointain des siècles héroïques, l'humanité s'est prise corps à corps avec la nature pour lui arracher ses trésors, et elle a marqué chacune de ses conquêtes par une création mystique. Sa langue d'or nous montre, en mythes naïfs et sous de poétiques figures, confondue avec sa conception des dieux, son admiration reconnaissante pour la vivifiante boisson. Au milieu des légendes, la majesté divine plane sur les lieux incertains d'où jaillirent les sources du vin. Nous avons vu le fils de Jupiter lui-même apporter d'Arabie la vigne à la Grèce. D'après une autre tradition, lorsque le maître de l'Olympe foudroya les Titans, leur sang répandu se mêla à la terre et la terre, ainsi fécondée, donna le premier cep.

Quant à la bière, elle a reçu la piètre aumône d'une origine royale : l'art tudesque l'a gratifiée d'un prince à l'abri des révolutions, et l'on peut voir dans les brasseries le grotesque portrait d'un roi ventru, tenant une chope pleine, à cheval sur un tonneau. C'est Sa Majesté Gambrinus, roi de la bière, très populaire en Germanie. Il y passe pour un bel homme, il porte une couronne et un sabre, et il est très aimé de ses sujets. Quand il boit, l'Allemagne a de l'esprit.

Le vin seul fut divinisé par la reconnaissance des peuples. « Non, s'écriait Julien l'Apostat s'adressant à la bière, tu n'es pas le vrai Bacchus. Le fils de Jupiter a l'haleine douce comme le nectar, et la tienne ressemble à celle d'un bouc. »

De nos jours, où l'on ne divinise plus, mais où l'on glorifie beaucoup, la bière n'occupe pas la moindre place dans notre littérature. Brillat-Savarin, Balzac, Rossini, les plus illustres philosophes de la gastronomie, ont étudié le café, le thé, le vin ; ils ont écrit sur ces divers

sujets des pages savantes, délicates, spirituelles : aucun d'eux n'a daigné s'occuper de la bière.

Cette boisson est aujourd'hui celle des peuples germaniques, scandinaves : les Belges, les Anglais, les Hollandais, les Américains du Nord en font une grande consommation.

Elle n'est point un aliment qui nous convienne; cependant, elle tend à se répandre en France.

Quelques-uns s'en effrayent.

Je connais un vieux philosophe qui fut jeune au temps où chantait Béranger. Il a horreur de la bière; il a contre elle je ne sais quelle prévention presque superstitieuse; elle a le don de le faire monter sur le trépied, et plus d'une fois je l'ai entendu la maudire du ton que devait avoir la pauvre Cassandre lorsqu'elle avertissait si vainement les Troyens incrédules. Fantaisie d'hygiéniste ou prophétie de malheur, ses assertions ne manquent pas de sens; il serait sage peut-être de ne les pas trop dédaigner. « La nourriture et le climat, dit-il, font la race. Le système sanguin est un vaste réservoir où viennent aboutir les substances absorbées par les poumons, les voies digestives, les téguments. Air, soleil et brume, boissons et aliments de toutes sortes, s'y transforment en globules vivants, en « chair coulante », suivant l'expression de jadis; et c'est de tout cela que nous sommes faits. Nul ne nie que l'opium affaiblisse les facultés cérébrales, que le thé et le café les excitent, que la bière alourdisse et engraisse, que le vin accroisse l'énergie de toutes les forces. Les grandes civilisations ont fleuri sur les sols aux vins abondants. La vigne a étalé ses pampres sur les plateaux de l'Inde, dans les plaines de l'Égypte, sur les coteaux de l'Asie Mineure, de la Grèce, de l'Italie, et de Memphis, de Babylone, d'Athènes, de Rome, sont partis des rayons qui ont éclairé le monde. »

Devons-nous attribuer cette alliance de la civilisation

et de la vigne aux vertus du vin ou bien au soleil qui l'a donné? Assurément à l'un et à l'autre. Tel climat, telle culture, telle industrie, telle alimentation, tel tempérament national. Les hommes du Nord sont mélancoliques ou froids comme leurs glaces; ceux de la zone torride, indolents. Mais ceux qui se chauffent et s'éclairent aux rayons de ce soleil tempéré et bienfaisant qui colore la liqueur si bien nommée *le sang de la vigne* sont pleins d'activité et de passion. On dirait qu'ils réfléchissent la chaleur et la lumière qu'ils reçoivent. A eux les arts, l'esprit, l'éloquence ; à eux la lutte incessante de la liberté contre la servitude, du droit contre la force ; à eux cette effervescence des idées d'où jaillit la vie ardente, comme le vin généreux sort du bouillonnement de la cuve. Il semble que les peuples vivant sous un ciel brumeux, et condamnés par la nature à une boisson épaisse et froide, soient nécessairement lents et flegmatiques, si d'autres influences n'interviennent. On l'a écrit : « La bière et le vin se sont rencontrés maintes fois dans les combats, à Hondschoote, à Wattignies, à Jemmapes, à Fleurus.... Le vin bouillant d'enthousiasme, plein d'audace, se répandait à travers les champs de bataille où des murailles d'hommes paraissaient inébranlables ; ceux-ci étaient les enfants de la bière. On connaît l'histoire : le vin fut victorieux.

« Mais à Sedan!... Depuis les grands jours de la Révolution, la France aurait-elle perdu son tempérament? Grave coïncidence : l'invasion insidieuse de la liqueur germaine a précédé celle des armées. Que les Français y prennent garde! Ils traversent une des périodes les plus critiques de leur évolution nationale. Dans l'ensemble des circonstances actuelles, il n'est pour eux ni faits sans importance ni petite considération. La bière a une action stupéfiante; elle dispose à l'inertie, à la lourdeur. Or, sans le mouvement, sans l'action, aucune force ne se développe.... »

Mon ami le philosophe dit ces choses et beaucoup d'autres encore. Que lui répondre?

Chez une nation dont la caractéristique est d'être vive, nerveuse, impressionnable, l'introduction de la bière dans l'usage journalier ne pourrait-elle, s'ajoutant à des causes bien autrement funestes, avoir sa part d'influence désastreuse?

Combien souvent de petites causes déterminent de grands effets! Si nous étions condamnés sans appel à la décadence, si nos défaites devaient être sans revanche et nos chutes sans relèvement, qui nous prouve que l'infime *Saccharomyces cerevisiæ* lui-même n'aurait pas sa part de responsabilité? Des rapports complexes unissent tous les organismes d'un même sol; pour être parfois cachés et difficiles à saisir, ils n'en sont pas moins réels, et des êtres qui, au premier aspect, paraissent le plus étrangers les uns aux autres, souvent au contraire vivent dans une absolue dépendance réciproque. On en pourrait citer plus d'un exemple. Ainsi qui croirait, au simple énoncé, qu'il y eût un lien quelconque entre le trèfle rouge et les chats, entre les chats et la prospérité de l'Angleterre? Il semble burlesque de le dire.... Eh bien, c'est un fait incontestable, et il est permis de l'affirmer sans rire, l'une des alliées les plus nécessaires à l'existence de la fière Albion est, sans contredit, la gent qui a donné naissance à l'illustre Raminagrobis. Croyons-en Darwin. Le trèfle rouge (*Trifolium pratense*) est, en Angleterre, le fourrage le plus recherché; mais sans les frelons qui le hantent assidûment, il ne fructifierait pas et disparaîtrait bientôt. Ces insectes, en puisant le nectar au fond de la corolle des fleurs, mettent la poussière pollinique en contact avec les stigmates des pistils, et déterminent ainsi la fécondation. Le trèfle soustrait à la visite des frelons, produirait donc peu de semences. Or, le nombre des frelons est en proportion inverse de celui de leurs ennemis, parmi lesquels les plus redoutables sont

les rats des champs. Plus ceux-ci prospèrent et multiplient, moins nombreux sont les hyménoptères qui distribuent le pollen des fleurs, moins abondantes sont les semences fécondes du trèfle.

Mais les chats font aux campagnols une guerre incessante, et partout où le terrible destructeur se montre en quantité suffisante, le pauvre petit rat est supprimé. Les chats favorisent donc indirectement la production du trèfle. Et si l'on observe, avec Karl Vogt, que le bétail alimenté par le trèfle rouge fournit aux Anglais l'excellente nourriture qui leur procure leur admirable vigueur corporelle, et par suite l'activité à laquelle cette nation commerçante doit ses richesses, il faut bien en conclure que l'action des campagnols serait désastreuse sans l'intervention des chats, et que ceux-ci, avec les frelons et le trèfle rouge, comptent parmi les principaux agents de la fortune de l'Angleterre.

Assurément, si les Anglais, qui prétendent recueillir l'héritage des Pharaons, s'inspiraient des sentiments de pieuse reconnaissance qui caractérisèrent l'antique Égypte, ils élèveraient des temples aux frelons et aux chats.

Plus on pénètre dans la série des effets et des causes, plus le champ des rapports et des influences mutuelles apparaît immense, presque sans limite, et plus on aperçoit de liens entre des choses mêmes qui appartiennent à des ordres les plus différents, qui relèvent d'origines bien diverses, et que des abîmes mêmes semblent séparer. Ainsi pourrions-nous peut-être, et sans grande recherche de raisonnement, remonter, par des degrés tout d'abord insensibles, de Jemmapes à la vigne, de Sedan à la bière, et de l'invasion germaine au champignon non moins germanique contre lequel nous voudrions voir tous les Français en garde, le Saccharomyces cerevisiæ. *Caveant consules!*

II



CHAPITRE IV

FERMENTATION ALCOOLIQUE

SACCHAROMYCES CEREVISIÆ

LE PAIN

Levain. — Anatomie et composition chimique du grain de blé. — Céréaline. — Ferment inversif. — *Saccharomyces cerevisiæ*. — Panification. — Pain blanc. — Pain bis. — Pain noir. — Histoire du pain. — Polenta. — Cruchade. — Aerated bread. — Pains divers.

Nous venons de voir deux *ferments solubles*[1] et un *ferment figuré*[2] s'associer pour donner une boisson à des peuples déshérités de la vigne. Nous allons retrouver ces mêmes ferments dans les boulangeries, où ils travaillent à la préparation du pain.

C'est surtout aux pays du soleil qu'ils exercent cette industrie, à côté du *Saccharomyces ellipsoïdes*, le fabricant de vin. Les régions où l'on boit le moins de bière sont celles où l'on consomme le plus de pain. Ces deux aliments se suppléeraient-ils ou s'excluraient-ils l'un l'autre? Produits de même origine, puisque les céréales en fournissent la matière première, ils ont des qualités nutritives communes; mais que de différences!

1. La diastase, appelée *céréaline*, et le *ferment inversif*, sécrété par le *Saccharomyces cerevisiæ*.
2. Le *Saccharomyces cerevisiæ*.

5.

Jamais le pain n'a été l'objet d'accusations semblables à celles qui pèsent sur la bière.

Il fut un temps où nos aïeux ne le connaissaient pas. Ils récoltaient des moissons de froment qu'ils réduisaient en farine; mais ils ne savaient en faire que des bouillies visqueuses ou de lourdes galettes *non levées.*

Il ne suffit pas, en effet, pour avoir du pain, de pétrir de la farine avec de l'eau et du sel, puis de cuire ce mélange; il faut que les grains de blé soient changés en aliment fermenté; c'est là le secret que nos ancêtres ignoraient, et ce travail est celui des diastases et des microbes.

Pour obtenir le concours de ces agents indispensables, on mêle à la farine un peu de pâte aigrie, appelée *levain*, et qui renferme en elle le principal opérateur[1], le *Saccharomyces cerevisiæ;* quelques-uns prétendent que c'est le *Saccharomyces minor*[2], plus infime encore.

Quel qu'il soit, on lui livre la farine, en la pétrissant avec le levain. Par une manipulation régulière, énergique, puissante, qui divise, réunit, étend et masse incessamment la pâte, le mélange de l'eau, de la farine et du levain est bientôt tel qu'il n'est pas un grain d'amidon qui ne soit en contact avec le microbe.

Alors s'accomplissent les transformations que nous avons vues s'opérer dans le moût d'orge pour la fabrication de la bière; elles sont exactement les mêmes.

Au point de vue anatomique, un grain de froment se compose d'une enveloppe, le *péricarpe*[3], et de la graine *proprement dite.*

1. A chaque pétrissage, on réserve un peu de pâte, qui aigrit spontanément et sert de *levain* pour le pétrissage suivant.

2. M. Engel. Voir C. Graham, *Chimie de la panification.*

3. Le *péricarpe* lui-même se compose de trois parties : 1° la *partie externe;* elle est incolore et ne présente aucune cellule, c'est la cuticule; 2° la *partie médiane;* des cellules colorées en jaune la constituent; 3° la *partie interne;* comme la précédente, elle est formée de cellules.

Dans les *Légumineuses* (haricots, pois, fèves, etc.), il n'y a qu'un

La graine est formée du *périsperme*, de l'*endosperme* et de l'*embryon*. Le *périsperme* est la partie externe; il est enveloppé par le péricarpe, auquel il adhère[1]. L'*endosperme*, appelé encore *amande* ou *albumen*, est, dans le blé, la partie importante. Il est fait de cellules à parois excessivement ténues, qui contiennent le gluten et l'amidon[2]. Nous connaissons l'embryon[3].

Ce qu'on appelle le *son* est une lamelle que l'on sépare artificiellement, par frottement ou par pression, à l'aide de la meule. Il comprend le *péricarpe*, le *périsperme* et la couche la plus superficielle de l'endosperme[4].

Quand le chimiste analyse un grain de blé, il y trouve de l'eau, des matières grasses, des substances azotées (gluten et albumine), de l'amidon, de la dextrine, des

péricarpe commun à plusieurs graines; il n'adhère pas au périsperme (périsperme ou enveloppe externe de la graine), il prend une forme spéciale et compose la *gousse*.

Dans les fruits pulpeux, la pêche, par exemple, c'est la partie externe du péricarpe, appelée *épicarpe*, qui forme la *peau*; la partie moyenne (*mésocarpe*) devient charnue et succulente ; la partie interne (*endocarpe*) forme le noyau dans lequel est contenue la graine.

Dans les prunes, les poires, les coings, etc., l'endocarpe n'est point dur et épais; il est lamelleux et forme les cloisons dans lesquelles sont enfermés les pépins.

Dans le raisin, qui est une *baie*, c'est aussi l'*épicarpe* qui forme la peau; le *mésocarpe* devient également charnu et succulent; mais l'*endocarpe* ne prend ni une consistance osseuse, ligneuse comme dans la pêche, ni lamelleuse comme dans la pomme; il se confond avec le mésocarpe et fait partie de la substance charnue.

1. Dans le blé, c'est une couche cellulaire, excessivement mince. Mais c'est lui qui, plus épais, plus distinct dans le pois, la fève, etc., forme ce qu'on appelle la peau. Dans les fruits à noyau, c'est la pellicule qui enveloppe l'amande. Dans le raisin le périsperme est dur, corné et relativement épais.

2. C'est lui qui, dans les légumineuses, constitue la substance alimentaire. Nous l'avons étudié plus haut, page 47; voir aussi la figure de la page 197.

3. Voir page 47.

4. Cette dernière partie se compose des grandes cellules externes, sans amidon, de l'endosperme, et de quelques cellules placées audessous.

sels minéraux, phosphates, soufre, etc., et une *diastase*, la *céréaline*[1].

Mais ces éléments ne sont pas distribués en mêmes proportions dans toutes les parties du grain. La farine provenant de la mouture de la graine entière renferme toutes les substances que nous venons d'énumérer, ce qui la prédispose à des fermentations multiples dont le produit est un pain *bis* ou *noir*.

Quand on veut obtenir du pain blanc, bien levé, on emploie de la farine faite exclusivement avec la partie centrale du grain, l'amande, soigneusement blutée, absolument dépourvue de son, ce qui assure la prépondérance à la fermentation alcoolique, condition indispensable pour la fabrication des pains de belle qualité[2]. Les phénomènes qu'on observe alors sont limités et invariables. Aucune compétition fâcheuse ne trouble l'œuvre

1. Composition chimique d'un grain de blé :

Eau	14,0
Matières grasses	1,2
Matières azotées (gluten et albumine)	14,6
Dextrine	7,2
Amidon	59,7
Cellulose	1,7
Sels minéraux	1,6
	100,0

Ces proportions représentent des valeurs moyennes ; elles varient suivant les blés. Les botanistes ne comptent pas moins de 28 espèces de froment ; mais dans le commerce on n'en distingue généralement que trois sortes, correspondant à des différences notables de composition : les blés tendres ou blancs, les blés demi-durs, qui produisent une plus grande quantité de farine; enfin des blés durs, remarquables par leur apparence cornée. Ceux-ci sont les plus précieux, parce qu'ils se conservent facilement et donnent un rendement supérieur en farine. On les recherche pour la confection des pâtes fines, vermicelle, macaroni, etc., à cause de leur richesse en gluten.

2. La partie centrale de l'amande, celle qui entoure immédiatement le germe, et qui est la plus dure à écraser, à moudre, donne la farine la plus fine. Les meuniers la vendent sous les noms de *gruau* et de *semoule*. On en fabrique le vermicelle, le macaroni, etc. Le gluten forme, dans les cellules de la graine, une sorte de réseau dans les mailles duquel sont enfermés les grains d'amidon.

délicate du Saccharomyces; nul autre microbe ne révèle sa présence; il est seul au travail.

La pâte est dans le pétrin. La *céréaline* commence l'opération. Elle est peu abondante, mais son action est essentielle. Formée sous les rayons du soleil, dans les cellules mêmes de la graine, c'est elle déjà qui, pendant la maturation, avec quelques grains d'amidon, a fait de la *dextrine*. Elle est là toute prête. Sous l'influence de l'eau et du pétrissage, elle entre en fonction[1]. Diastase active, elle dédouble rapidement l'amidon en *dextrine* et *maltose*[2].

En même temps le *Saccharomyces*, introduit avec le levain, et qui attendait, intervient. Il change, par l'intermédiaire d'une diastase qu'il sécrète (*ferment inversif*) le maltose en *sucre interverti*[3]; puis, lorsqu'il s'est ainsi

1. D'après Graham, la présence du Saccharomyces ne serait pas étrangère à la mise en action de la *céréaline* (*Chimie de la panification*). L'action de la céréaline est activée par l'introduction d'acides dans la pâte. La connaissance de ce fait est parfois utilisée.

2. Nous avons vu (page 65) que la *dextrine* est une substance mucilagineuse qui a la même composition chimique que l'amidon ($C^{12}H^{10}O^{10}$), et que le *maltose* ($C^{12}H^{11}O^{11}$) est un sucre qui contient un peu moins d'eau que le *sucre de raisin*.

3. Le *sucre interverti* contient, comme le sucre de raisin, un peu plus d'eau que le maltose. Il a pour formule ($C^{12}H^{12}O^{12}$).

Les fermentations successives opérées dans la panification peuvent donc se formuler ainsi :

1° Transformation de l'amidon en maltose et dextrine par la *céréaline :*

$$\underset{\text{Amidon.}}{2\,C^{12}H^{10}O^{10}} + \underset{\text{Eau.}}{HO} = \underset{\text{Maltose.}}{C^{12}H^{11}O^{11}} + \underset{\text{Dextrine.}}{C^{12}H^{10}O^{10}}$$

2° Transformation du maltose en sucre interverti, par la diastase du Saccharomyces:

$$\underset{\text{Maltose.}}{C^{12}H^{11}O^{11}} + \underset{\text{Eau.}}{HO} = \underset{\text{Sucre interverti.}}{C^{12}H^{12}O^{12}}$$

3° Fermentation alcoolique ou transformation du sucre interverti en alcool et acide carbonique par le Saccharomyces :

$$\underset{\text{Sucre.}}{C^{12}H^{12}O^{12}} = \underset{\text{Ac. carbonique.}}{2C^{4}H^{6}O^{2}} + \underset{\text{Alcool.}}{4CO^{2}}.$$

Cette théorie de la panification a été établie par les travaux de

préparé ce sucre, il lui fait lui-même subir la fermentation alcoolique, c'est-à-dire le décompose en alcool et acide carbonique.

La dextrine, en faible quantité, demeure mêlée au gluten ; elle donnera à la croûte ses tons luisants.

Le gluten est *peptonisé*, c'est-à-dire rendu soluble. Il est et reste la matière azotée, nourrissante, et il est devenu essentiellement assimilable. Grâce à sa consistance et à son élasticité, il se laisse distendre par l'acide carbonique sans se rompre ; il l'emprisonne. Celui-ci boursoufle la masse dans laquelle il a pris naissance et troue de mille logettes la substance qui contient son effort. C'est ainsi que se creusent les yeux, et que le pain acquiert sa légèreté. La blancheur est également due à l'action de ce gaz.

Tandis qu'on pétrit, la pâte qui, d'abord molle et visqueuse, collait aux mains, perd ce caractère. A mesure que l'amidon disparaît, elle devient de moins en moins gluante, et cesse de s'attacher aux doigts. Bientôt elle ne présente plus que les qualités propres au gluten : elle est élastique, tenace, souple, onctueuse, douce au toucher.

Alors on la dispose en forme de pains dans des corbeilles, et on l'abandonne à elle-même. A ce moment le boulanger se repose. Le Saccharomyces, son associé, continue seul le travail. Mais avec quelle activité ! Il faut des myriades de petits ouvriers pour accomplir

Payen, Muscullus, O'Sullivan, Brown, Héron, etc., sur l'amidon et ses dérivés.

M. Chicandard émet aujourd'hui une nouvelle théorie, d'après laquelle le *gluten* serait dans la pâte du pain la substance fermentescible. L'*amidon* n'étant point transformé en sucre, il n'y aurait pas de fermentation alcoolique. Le microbe qui attaquerait le gluten serait une algue, une *bactéridie*, et l'introduction du Saccharomyces dans la pâte ne ferait que préparer le développement de la bactéridie. Enfin, les gaz dégagés dans cette fermentation seraient l'acide carbonique (dans la proportion de 70 pour 100) et un mélange d'hydrogène et d'azote (dans la proportion de 30 pour 100). (*Comptes rendus de l'Acad. des sc.*, 1883.)

l'œuvre. Le microbe se multiplie en légions innombrables, et en une heure ou deux, suivant la température, il a achevé la décomposition du *maltose;* l'alcool et l'acide carbonique sont en quantité suffisante. Ce travail, qui est lent au début, se manifeste rapidement après la première heure.

Pendant ce temps, le volume du pain augmente.

Lorsque, au sein des volcans, les vapeurs soulèvent les laves brûlantes, le sol tremble, des monticules se dressent, des cratères s'ouvrent, et l'on voit jaillir dans l'atmosphère les matières que la terre, impuissante à les retenir, ne peut laisser s'échapper doucement, parce que son écorce est solide. Dans le pain, si le levain est en excès, si l'on ne compte pas exactement le temps à l'action des microbes, si l'on attend de longues heures avant de commencer la cuisson, l'acide carbonique devient trop abondant, trop à l'étroit, il fait effort; mais la pâte cède peu à peu, s'entr'ouvre, et de grosses bulles s'épandent au dehors; ou bien encore, le gaz s'accumule dans la masse, qui atteint sa limite d'extension, et la surface se sillonne de larges déchirures.

Toutefois le boulanger a soigneusement mesuré son levain : il sait quelle quantité est nécessaire; il connaît le moment opportun. Dès qu'il voit apparaître quelques bulles de grande dimension, il juge la pâte à point, la met au four et arrête ainsi les phénomènes de fermentation.

Le Saccharomyces est mort. Alors la production de l'acide carbonique cesse de s'accroître, et le gaz reste dans les petites cavités dont la pâte est désormais criblée. Sous l'influence de la chaleur, des vapeurs d'eau et d'alcool s'unissent à lui dans un même mouvement[1], la masse se distend, s'enfle, monte. Bientôt la croûte se

1. M. Mouselle, ayant analysé la vapeur qui s'échappe d'un four, pendant la cuisson du pain, a trouvé dans le liquide de condensation 11,60 pour 100 en volume d'alcool. (*Compt. rend. de l'Acad. des sc. de Paris,* 1883.)



forme et fixe le volume du pain. Elle se dore, se solidifie, et la cuisson s'achève.

Tel est le secret de la fabrication du *pain blanc*.

Dans l'usage domestique, les choses ne se passent pas toujours exactement ainsi. On est loin de prendre les précautions minutieuses dont s'entourent les boulangers; le levain est quelquefois trop aigri, la farine dont on se sert n'est pas toujours absolument pure; un peu de son y est mêlé; quelquefois, à la campagne surtout, elle se compose de tous les éléments du grain, et il peut y avoir jusqu'à 30 pour 100 de substances fournies par l'écorce. On comprend que des phénomènes spéciaux interviennent, qui ont pour résultat de donner des produits de qualité et d'aspect très variés.

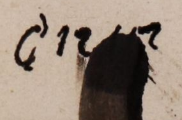
C'est ainsi que l'on a des pains plus ou moins *bis* et même des *pains noirs*, qui souvent sont lourds, compacts, poisseux, mous, aigres.

Le son ne manque pas de gluten, mais il renferme beaucoup plus de *céréaline* que la partie interne du grain. L'action très énergique de cette diastase, à laquelle se joint souvent l'influence d'un levain trop acide, fait de la pâte un milieu favorable au développement de certains microbes importuns. Tel est le ferment lactique, qui se substitue plus ou moins au ferment alcoolique. D'autres, plus nuisibles encore et qui président d'ordinaire aux fermentations ammoniacales, le suivent généralement.

Dans ce cas, l'amidon se change, il est vrai, en dextrine et maltose, mais le maltose n'atteint pas sa transformation en alcool et acide carbonique. Dès qu'il est devenu du *sucre interverti*, le *ferment lactique*[1] (*Micrococcus lac-*

1. Ce ferment est ainsi nommé parce qu'il se développe en abondance dans le lait qui aigrit. Il joue un grand rôle dans la fabrication du fromage. Nous l'étudierons spécialement dans un des chapitres suivants. La transformation qu'il opère se formule ainsi :

$$\underset{\text{Sucre.}}{C^{12}H^{12}O^{12}} = \underset{\text{Acide lactique.}}{2\,C^6H^6O^6}$$



ticus) s'empare de l'action, à l'exclusion du Saccharomyces qui agit en maître dans le pain blanc, et du sucre il fait de l'acide lactique, d'où l'acidité du pain.

La *dextrine*, qui donne à l'intérieur des yeux et à la surface de la croûte l'aspect vernissé, est en petite quantité dans la pâte de farine blanche. Elle est en excès dans le pain noir, parce que la céréaline, plus abondante dans le son que dans la fleur de farine, décompose plus d'amidon. Très mucilagineuse, elle rend la mie gluante, et ajoute à sa mollesse. En se brunissant sous l'action de la chaleur et de l'humidité, elle contribue à la coloration du pain.

Le *gluten*, substance essentiellement azotée, est attaqué à son tour par les ferments qui succèdent au *Micrococcus lacticus*. De l'ammoniaque, ainsi qu'une matière brune, se forment à ses dépens, et il perd une grande partie de ses qualités nutritives. Son élasticité l'abandonne ; il devient friable, impropre à emprisonner les gaz, et le pain est mal levé, sans yeux, lourd, compact, noir. Il doit de plus à la présence de l'ammoniaque une saveur piquante.

Dans les différents pains bis, ces phénomènes s'arrêtent à des degrés divers, et lorsque ces pains ont été préparés soigneusement, et avec des farines desquelles le gros son a été séparé, ils constituent un aliment agréable et salubre. La teinte brune est alors légère et même elle peut disparaître sous l'influence de certains procédés[1].

1. Par des expériences réitérées, M. Mourriès a constaté que la faible acidité de l'acide carbonique peut blanchir un pain préparé avec des farines de qualité médiocre. Lorsqu'on mêle à de la pâte un peu de sucre et de levûre, le sucre est décomposé. Il se produit de l'alcool et un volume assez considérable d'acide carbonique. Si l'on mélange alors cette préparation avec deux fois et demi environ son poids de pâte de pain, on forme un tout qui contient une quantité de gaz carbonique suffisante pour décolorer le pain. On peut ainsi convertir en pain blanc 84 à 85 kilogrammes de farine provenant de 100 kilogrammes de blé, tandis qu'on n'en retire que 70 par l'ancien procédé.

En résumé, le pain est le produit des deux fermentations *alcoolique* et *lactique* Cette dernière est presque nulle, ou même peut ne pas se manifester, quand la pâte est de fine farine blutée; en tout cas, la fermentation alcoolique prédomine et le pain est de belle qualité. Dans le pain noir, au contraire, la fermentation lactique prend plus d'importance, la dextrine abonde, l'acide carbonique ne se dégage qu'en faible quantité, le gluten s'altère, et il se développe de l'ammoniaque.

Le mode de panification que nous avons analysé est le plus anciennement connu; mais il n'est pas sûr. Les précautions les plus grandes n'empêchent pas certains microbes intrus de vivre dans le levain[1] et de livrer la pâte aux diverses fermentations qui en altèrent la composition. Aussi les boulangers, en général, préfèrent-ils s'assurer de l'identité de leurs ouvriers microscopiques, en allant les chercher soit dans la cuve du brasseur, soit dans celle du fabricant d'alcool de grains ou de pommes de terre.

La substitution de la *levûre* au *levain* a été imaginée, dit-on, par les Gaulois. Cette invention date, sans doute, de ces temps glorieux où nos pères abandonnèrent la bière pour le vin, et où apparut cette aurore de civilisation qui fut un instant si pleine de promesses, où Marseille florissait, où Lyon, au centre des régions vinicoles, fut une capitale des lettres, des sciences, des arts. Car le vin a son complément nécessaire dans le pain, dont une bonne levûre seule fixe les hautes qualités.

1. M. Boutroux ayant analysé un levain employé à faire le pain dans une ferme de la Sologne y a trouvé, outre des bactéries, quatre organismes différents : le *Mycoderma vini*, deux levûres autres que celle des brasseries, et un organisme semblable aux Saccharomyces par sa forme, mais dépourvu de tout pouvoir comme ferment. (*Compt rend. de l'Acad. des sc.*, août 1883.)

A ce moment, le *Saccharomyces cerevisiæ* changea de profession; le métier de brasseur avait perdu toute importance, il se fit boulanger. C'est ainsi qu'il resta gaulois, en attendant qu'il fût français.

Depuis il a travaillé plus qu'on ne pense à l'œuvre du développement national. Le pain a été l'aliment de nos pères. Il a été pendant de longs siècles la nourriture saine, légère, vivifiante, excitante, qui convient à un peuple délicat, distingué et spirituel. Et s'il ne fut pas toujours et pour tous beau et blanc, grossier même et primitif, il a été pour le peuple la manne de salut dans les temps de détresse. Seul il a longtemps nourri le paysan.

Nos ancêtres ont beaucoup souffert. Les nombreuses invasions qui déposèrent sur notre sol la substance humaine dont s'est faite peu à peu la nation française y laissaient aussi des dominateurs. Et plus tard les privilèges survivaient, alors que les différences d'origine et de race s'effaçaient dans le mélange des sangs, la communauté des intérêts et l'attachement à une même tradition. L'histoire nous apprend comment, durant cette longue période de gestation, s'établit la série des tyrannies.

Le paysan, descendant de tous les opprimés, portait en lui la vieille race; mais rançonné par tous, taillable et corvéable à merci, il était affamé. Grâce au pain, il a pu ne pas succomber et attendre, à travers toutes les vicissitudes, la grande délivrance de 89.

On sait que, sous la monarchie absolue, des famines décimèrent la population; la disette fut pendant deux siècles (le dix-septième et le dix-huitième) à peu près à l'état endémique. Le peuple qui cultive la terre faillit disparaître. Ce fut le pain qui le sauva; il empêcha le dépeuplement complet des campagnes. Le paysan était réduit à la dernière extrémité; mais, avec quelques maigres épis, il luttait. Ceux que le découragement n'avait pas

tués s'obstinaient. Ils arrachaient au sol de quoi ne pas mourir.

« On voit certains animaux farouches, dit la Bruyère, des mâles et des femelles, répandus par la campagne, livides et tout brûlés par le soleil, attelés à la terre, qu'ils fouillent avec une opiniâtreté invincible.... Quand ils se mettent sur leurs pieds, ils montrent une face humaine, et en effet ce sont des hommes. »

C'étaient les paysans.

A force de travail et de sueur, ils disputaient à la mort leur triste vie; ils survivaient à leur misère. Leur existence ne différait pas beaucoup de celle des animaux; mais au moins avaient-ils la portion congrue.

« Ils se retirent la nuit, dit encore la Bruyère, dans des tanières où ils vivent de pain noir, d'eau et de racines. Ils épargnent aux autres hommes la peine de semer, de labourer et de recueillir pour vivre, et méritent ainsi de ne pas manquer de ce pain qu'ils ont semé. »

Quand les lapins des garennes et les pigeons du colombier avaient pris leur part, quand les cerfs avaient brouté; si les bandes de sangliers n'avaient pas été trop nombreuses, si la chasse du maître n'avait pas trop souvent passé sur les champs, si l'année avait été bonne, s'il n'avait ni gelé, ni trop plu, ni grêlé, ni séché, la moisson mûrissait. Alors le paysan faisait trois gerbes pour le seigneur, deux pour la dîme du couvent, trois pour la taille du roi, trois pour les frais de culture; il en réservait deux pour la semence, et il lui en restait une. Il la battait au fléau dans la grange seigneuriale, puis il recueillait le grain, et lorsqu'il avait acquitté la banalité du moulin, et s'il avait de quoi payer celle du four, il pétrissait un pain bien mauvais, bien noir, bien mêlé de paille, car il ne fallait rien perdre des précieux épis, et il mangeait.

Le Saccharomyces avait travaillé pour lui; ce pain était levé, il était sapide, stimulant, nourrissant.

Oh! pas comme le nôtre! Pas comme celui du boulanger de la ville! Le levain était médiocre, mal préparé; le Saccharomyces n'avait pas pénétré seul dans la pâte; des ferments de toutes sortes la lui avaient disputée. Dans la lutte, le ferment lactique l'avait emporté, et nous savons quels sont ses ravages; il l'avait acidifiée. Le bon gluten poreux et azoté avait été en partie détruit. Résultat détestable : de l'ammoniaque et peu d'acide carbonique. La masse était lourde, molle; la dextrine abondait, l'empâtait; des matières colorantes la noircissaient.

Et pourtant, tel qu'il était, combien ce pain restait supérieur à la bouillie grumeleuse des primitifs. Hélas! les pauvres gens eussent été heureux d'en avoir toujours de semblable dans leur huche. Le pétrin ne recevait pas que du froment; c'était le plus souvent de l'orge, du seigle, de l'avoine, du sarrasin, ou pis encore.

Un jour le duc d'Orléans entra dans la salle du conseil, où était le roi Louis XV, et jeta sur la table quelque chose de noir comme la suie : « Tenez, Sire, voilà de quoi vos sujets se nourrissent! » dit-il.

C'était du pain de fougère hachée.

La Révolution, en donnant la terre au paysan, a clos l'ère de ces misères. En France, aujourd'hui, tout le monde a du pain, et il est blanc pour le plus grand nombre.

Il est essentiellement l'aliment national. C'est en le distribuant à la table de famille que la mère commence l'éducation de l'enfant, elle lui apprend à ne pas le gaspiller, à le respecter; elle lui dit à quel prix il se gagne.

Avec le développement du bien-être et les préceptes de l'hygiène, la variété de la nourriture est devenue une nécessité; mais dans le festin le plus somptueux, comme dans le repas le plus frugal, le pain accompagne chaque mets.

Le Saccharomyces est le bienfaiteur du pauvre. Non

seulement il le préserve de la faim, mais encore il a une large part d'influence sur sa santé.

Il est des milieux atmosphériques, des climats où l'homme a besoin, plus qu'en d'autres, d'une alimentation tonique. Là, une nourriture exclusivement composée de céréales non fermentées, et particulièrement de certaines d'entre elles, est insuffisante; elle apaise l'estomac, mais peu à peu, lentement, sourdement, débilite le corps, détruit l'équilibre des fonctions, et détermine un état général qui prédispose à diverses maladies.

Or, il y a une énorme différence, au point de vue de la valeur alimentaire, entre le grain et le pain.

Le Saccharomyces s'empare du grain, matière première fournie par la terre. Il le travaille, il en élimine les principes peu assimilables. La fécule, qui entre en abondance dans sa composition, n'est pas nourrissante; il la fait disparaître. En la dédoublant en alcool et acide carbonique, il lui substitue deux substances utiles, de nature excitante, digestive.

Le gluten est l'élément azoté, à peu près un équivalent de la viande. Le microbe le sépare de la masse brute à laquelle il le trouve mêlé. Il le dépouille de la gangue de fécule dans laquelle la confection de la pâte le retient.

Ainsi la partie nutritive de la graine est dégagée; elle devient à elle seule presque tout le pain, et le grain, composé médiocre, est remplacé par un produit excellent, réparateur et fortifiant.

On voit de quelle importance hygiénique est, pour le pauvre, l'œuvre du ferment, et l'on conçoit que la maladie s'installe facilement dans la demeure où le microbe ne s'est pas établi.

Si l'on ne meurt plus d'inanition dans nos campagnes, il reste cependant quelques localités, exceptions de plus en plus rares heureusement, où le Saccharomyces n'a pas pénétré, et où l'on peut constater combien son absence

est désastreuse. Dans la Lombardie, où les paysans ne mangent que de la polenta, et dans les Landes, de la cruchade, sortes de bouillies, la première faite avec du maïs simplement broyé, la seconde avec du millet, il existe une maladie à l'état endémique, affection terrible, la *pellagre*. On l'a attribuée à l'emploi exclusif de ces pâtes à la confection desquelles le ferment n'a pas été appelé. Quelques-uns pensent qu'elle est plus immédiatement due à un empoisonnement lent par un champignon, le *verdet*, qui vit en parasite sur les céréales. Quoi qu'il en soit, la *pellagre*, dans les lieux où elle règne, est particulièrement la maladie des malheureux qui ne mangent pas de pain, et qui trompent leur faim par l'ingestion de substances peu assimilables ou insuffisamment réparatrices [1].

C'est de la culture des céréales que les philosophes datent l'origine des premières civilisations. A ce moment, l'homme a élevé des greniers d'abondance, il a cessé de vivre au jour le jour, il a eu la sécurité du lendemain, et ses instincts sociaux ont pu se développer, se manifester.

Mais nous avons constaté combien est inférieur le produit brut au produit manufacturé, le grain au pain. L'introduction de celui-ci dans notre pratique alimentaire marque un immense progrès pour l'humanité.

La fermentation dut causer bien de la surprise, lorsqu'on vit pour la première fois le mélange d'une pâte ancienne avec une pâte nouvelle prendre de la mobilité, s'affiner, se tuméfier au feu, augmenter de volume, et présenter après la cuisson une substance œilletée et

1. Les farines de maïs, de riz, de millet, de sorgho, très riches en amidon, contiennent très peu de gluten ; aussi, lorsqu'on essaye d'en fabriquer du pain, on ne parvient pas à faire lever la pâte, et l'on n'obtient que des espèces de galettes lourdes et indigestes. C'est pour cela qu'on les emploie plutôt en polenta ou bouillie.

savoureuse, à la place d'une masse compacte et fade. Quel n'eût pas été l'étonnement, si l'on eût pu deviner que ce phénomène était l'œuvre d'un être infiniment petit!

Combien de temps cet utile ouvrier travailla-t-il pour les hommes avant que ceux-ci eussent seulement soupçonné son existence? Des fragments de pain trouvés dans les tombeaux de l'antique Égypte disent assez que l'industrie du microbe se perd dans la nuit de la primitive histoire.

Si le pain fermenté n'a pas toujours été un aliment usité, le hasard en a certainement donné l'idée dès que l'homme s'est avisé de mêler avec de l'eau le blé grossièrement broyé. En effet, il suffisait que, dans la pierre creusée ou dans les poteries informes qui furent les premiers vases culinaires, il y eût quelques restes de pâte, pour qu'il se fît spontanément du levain; il est permis de supposer que le Saccharomyces vivait déjà à cette époque; si ensuite un nouveau gâteau était malaxé dans le même vase, la fermentation s'effectuait spontanément, et l'on avait un pain plus ou moins *levé*.

Qu'un Lucullus d'alors le trouvât à son goût et s'avisât de reproduire l'œuvre du hasard, il avait des imitateurs : le procédé était recueilli et se conservait autour de lui.

Dans beaucoup de stations préhistoriques on a découvert du blé. Dès l'âge de pierre, on le rencontre au milieu de débris d'ustensiles divers. En Suisse, au lac de Constance notamment, on a retiré dans les palafittes de Wangen des tiges et des graines de céréales carbonisées, parmi lesquelles M. Herr a reconnu du froment et de l'orge. Il y avait également des gâteaux ronds et plats; rien ne prouve que les habitants des cités lacustres, qui les avaient pétris, n'eussent plus d'une fois abandonné leur pâte au Saccharomyces et obtenu de véritable pain.

Mais ces faits furent évidemment isolés, limités à la

pratique de quelques peuplades. Longtemps l'homme a consommé les grains qu'il cultivait, sans préparations savantes, en les faisant plus ou moins rôtir comme les viandes de ses chasses. Longtemps il s'est contenté de les amollir dans l'eau, et de les faire cuire sous la cendre. Ce n'est que lorsqu'il a eu atteint une civilisation relativement avancée, lorsqu'il a su se fabriquer des vases convenables, réduire le grain en fine farine, que l'usage des pâtes fermentées a pu se généraliser. Déjà il mettait quelques soins, si élémentaire qu'ils fussent, à l'apprêt de sa nourriture. Depuis combien de siècles avait-il cessé de manger comme les animaux?

Nous touchons ici aux temps les plus historiques. On sait qu'à une époque très avancée de leur vie nationale, les Romains eux-mêmes avaient conservé l'habitude des antiques bouillies. Les Gaulois ne connurent le pain que quelques années avant l'invasion de César.

Les anciens se servaient de pilons pour briser et concasser le grain. L'invention des meules fut une découverte considérable ; elle permit d'obtenir facilement de grandes quantités de farine et amena le règne définitif du pain. Mais le meunier, de beaucoup, a précédé le boulanger.

On a pendant de longs siècles employé des meules que l'on maniait à bras. C'était un travail pénible, généralement réservé aux esclaves, aux femmes d'abord. Cependant, d'autres malheureux s'y livraient : Plaute, ruiné, a tourné la meule. Ce fut même un châtiment auquel on condamnait certains coupables.

La première mention d'un moulin à eau date seulement de l'année 797, sous Charlemagne. Les moulins à vent, inventés en Orient, ne furent introduits en Europe qu'au douzième siècle, après les premières croisades.

La Babylonie pourrait bien avoir été le berceau de la boulangerie, car les anciens auteurs racontent que dans ce pays fertile le froment croissait spontanément. Là,

peut-être, l'usage du pain était répandu avant même que, dans les contrées voisines, les hommes eussent appris à semer le grain et à tracer le sillon où germent les abondantes moissons.

La pâte fermentée était connue des Hébreux, qui probablement l'empruntèrent aux Égyptiens, et nous savons que dans chaque famille juive on gardait du levain avec autant de soin qu'à Rome les prêtresses de Vesta conservaient le feu.

Le Saccharomyces, s'utilisant à rendre plus sain et plus savoureux l'aliment journalier d'un peuple, ne méritait pas moins sans doute qu'une reconnaissance durable; il eut néanmoins ses jours de proscription; les peines les plus sévères furent édictées par la loi juive contre ceux qui, durant les fêtes de la Pâque, mangeraient du pain levé. Les *pains de proposition*[1], de même que les *pains azymes*[2], n'étaient pas fermentés.

Chez les Grecs, les présents du Saccharomyces furent beaucoup plus appréciés; et ce peuple ingénieux utilisa l'œuvre du ferment avec tant d'habileté, que les pains de la ville d'Athènes acquirent une grande célébrité.

A cette époque, les Romains, que l'on avait appelés jusque-là des *mangeurs de bouillie*, firent venir de la Grèce des boulangers fameux, auxquels ils prodiguèrent honneurs et récompenses; et ceux-ci, tout incapables qu'ils étaient de produire le moindre pain levé sans le secours du ferment, recueillirent la considération et les profits. On les entoura d'honneurs et de privilèges. Afin que rien ne vînt les distraire de leurs fonctions, et que leur art ne se perdît point à Rome, des sommes énormes

1. On désignait ainsi les douze pains qui, chez les Juifs, étaient offerts à Dieu les jours de sabbat, et dont les prêtres et les lévites avaient seuls droit de manger.

2. *Azyme* vient de deux mots grecs qui signifient *sans levain*. Les *pains azymes* étaient ceux que mangeaient les Juifs en faisant la Pâque.

furent employées à fonder pour eux des collèges; ils furent affranchis de toutes les charges publiques. Des règlements leur défendirent de se mésallier, et interdirent à leurs enfants d'embrasser une autre profession.

En France, comme partout, le Saccharomyces fit la fortune de ses collaborateurs. Dès le cinquième siècle, la corporation des boulangers, qui n'existait que par lui, acquit le privilège d'avoir une juridiction spéciale; ses magistrats mêmes connaissaient des affaires de certaines autres communautés.

Qui aurait pu croire que jamais le bienfaisant microscopique, cet être à la fois si infime et si puissant, qui nous a donné l'aliment précieux avec lequel on peut, au besoin, se passer de tous les autres, deviendrait un agent de discordes religieuses? C'est lui pourtant qui a été au moyen âge, et est encore de nos jours, une des causes de la séparation entre les Églises d'Orient et d'Occident. En vain le concile de Constance déclara-t-il, au quinzième siècle, qu'on pouvait se servir indifféremment, pour les cérémonies religieuses, du pain azyme ou du pain levé : les Grecs adoptèrent le ferment, les Latins le bannirent, et le schisme persista.

Les chimistes ont tenté de s'affranchir de la collaboration du Saccharomyces. Ils ont obtenu, sans levûre, et par conséquent sans fermentation alcoolique, une pâte *levée*, en y introduisant mécaniquement de l'acide carbonique. Ils ont construit des appareils à l'aide desquels on pétrit la farine, en vase clos, avec de l'eau de Seltz, qui fournit le gaz.

En Angleterre on fait, sous le nom de *aerated bread*, un pain dans lequel l'acide carbonique provient de réactions chimiques. On emploie différents mélanges soit de l'acide chlorhydrique et du bicarbonate de soude, soit de l'acide sulfurique et du carbonate de chaux, etc.

Le pain ainsi fabriqué est très blanc, et il échappe au

danger d'être altéré par des fermentations accidentelles. On comprend cependant qu'il soit, en certains points, différent de celui que fabrique le ferment, l'amidon notamment n'étant pas ici l'objet des savantes transformations que le microbe lui fait subir. De l'avis des hommes de science eux-mêmes, ce pain ne saurait avoir des qualités digestives suffisantes, et jusqu'à présent le consommateur a préféré le pain du Saccharomyces à celui de messieurs les chimistes.

Tous les autres pains levés, tels que ceux de gruau, faits de fine farine de blé, les pains blancs de froment, les pains de seigle, les pains de Turin (crissini), en forme de baguettes, les pains d'épice[1], dans lesquels se mélangent le seigle, le miel et la mélasse, les petits pains viennois, auxquels on ajoute du lait, enfin les brioches et mille autres gâteaux que la dextrine recouvre d'un beau vernis doré, doivent leur légèreté à l'action des Saccharomyces.

Parmi les pains où l'art du boulanger, comme chez les Grecs, s'est le plus associé à l'industrie du ferment, celui que l'on faisait à Gonesse, du temps de la Fronde, avait une telle réputation, que Guy Patin, énumérant les conquêtes nécessaires autour de Paris, mettait en première ligne celle de Saint-Denis, « afin, disait-il, d'avoir le pain de Gonesse pour ceux qui ont l'estomac délicat ».

Paris a hérité de la renommée de Gonesse. En France, d'ailleurs, le pain est généralement bien fait, et nulle part on n'en consomme autant ; la petite cellule ferment en fabrique annuellement dans notre pays plus de deux milliards de kilogrammes. Paris, pour sa part, en absorbe plus de huit cent mille kilogrammes par jour. Aussi nos voisins, les Anglais et les Allemands, nous appellent-ils *mangeurs de pain*.

1. Le pain d'épice fut inventé par un célèbre gastronome nommé *Apicius*, qui avait fondé à Rome une école de gourmandise.

Eh oui! mangeurs de pain! Comme il est appétissant ce pain, à la croûte dorée, sonore, élastique, élégante, qui orne nos tables! Comme il est salubre! Son gluten, qui est une « viande végétale », son sucre, ses sels minéraux, en font un aliment complet. Il est léger, digestible, excitant, savoureux, il sent bon. Ses yeux enferment de l'acide carbonique. Il est la nourriture des gens d'esprit. Qu'on le compare à la pâte lourde, épaisse, que mange l'Allemand buveur de bière, et l'on comprendra quelle dissemblance doit marquer les tempéraments de deux peuples ainsi différemment nourris pendant des siècles. Et voilà pourquoi nous sommes des *mangeurs de pain*.

Nous faisons, à l'étranger, l'étonnement de nos hôtes.

Deux de nos compatriotes se trouvaient un jour à Vienne, en Autriche. Ils avaient toute la matinée arpenté les rues en vrais Parisiens. Il était midi; ils entrèrent dans un restaurant et demandèrent à déjeuner. Pendant qu'on apprêtait leur repas, un garçon mit le couvert et déposa sur la nappe une corbeille qui contenait des pains de la grosseur d'une pomme d'api. Le déjeuner se faisait attendre; nos voyageurs avaient faim, et tout en devisant ils puisaient dans la corbeille. Enfin on servit. « Du pain! » demanda l'un de ces messieurs. Le garçon promena ses regards sur la table, et resta stupéfait. Nos deux Français venaient de dévorer, en hors-d'œuvre, tout le pain du restaurant.

Les Viennois, qui savent manger, qui ont du vin et sont gens d'esprit, servent peu de pain sur leurs tables. C'est une lacune. On n'est pas parfait.

CHAPITRE V

FERMENTATION ALCOOLIQUE

SACCHAROMYCES CEREVISIÆ

ALCOOL DE GRAINS

Malt. — Diastase. — Maltose et Dextrine. — Transformation complète de la Dextrine. — *Saccharomyces cerevisiæ*. — Ferment inversif. — Sucre interverti. — Fermentation alcoolique. — Levûre des boulangers.

Les travaux de la brasserie et ceux de la boulangerie ne sont pas les seules ressources du *Saccharomyces cerevisiæ*. En ouvrier avisé, il ne se confine pas dans une spécialité, il sait manufacturer des produits divers, et se livre à la fabrication de tous les liquides fermentés d'où l'on peut extraire de l'alcool par la distillation[1].

Autrefois, en France, chaque année, des quantités considérables de vin étaient destinées à l'alambic. Du vin seul s'élevaient les vapeurs d'alcool qui allaient se condenser dans le serpentin. Qui eût alors osé demander l'eau-de-vie à un liquide interlope?

Cependant, lorsque le phylloxera envahit notre territoire, les industriels, auxquels le vin fit défaut, cher-

1. Ce sont les Arabes qui, en cherchant à extraire le parfum des fleurs, et surtout celui de la rose, si célèbre chez eux, découvrirent l'art de la distillation, que l'on appliqua ensuite aux liquides fermentés.

chèrent dans les betteraves et les mélasses le sucre nécessaire à la préparation de leur alcool[1], et le *Saccharomyces* fut employé à la transformation de ce sucre. Le phylloxera étendant ses ravages, les betteraves et les mélasses ne suffirent plus à remplacer les raisins, devenus rares et hors de prix; on utilisa les grains d'orge, de blé, d'avoine, de seigle, de maïs, même les pommes de terre. La *diastase*[2] se chargea de convertir en sucre tout l'amidon contenu dans ces graines et ces tubercules, et le *Saccharomyces cerevisiæ*[3], qui avait déjà donné tant de preuves de ses aptitudes à décomposer le sucre, eut le monopole de la nouvelle industrie. Depuis cette époque, la production des alcools de grains a pris une rapide extension. Celle des eaux-de-vie de raisin, au contraire, a diminué dans les mêmes proportions; elle est devenue presque un mythe; la quantité d'alcool qu'elle fournit en une année équivaut à peine à la consommation d'une semaine. Il n'y a plus de cognac, plus de fine champagne.

Il semble que le travail de saccharification de l'amidon des céréales doive être identique à celui qui s'exécute dans les brasseries. — Il n'en est rien. La bière contient de la dextrine qui aurait pu, comme l'amidon, devenir du sucre; mais le brasseur arrête l'action de la *céréaline* en portant le moût à la température de 100 degrés.

Dans la confection des alcools de grain, une petite quantité seulement d'orge germée est mélangée, sous le nom de *malt*[4], soit avec de l'orge non germée, soit avec du seigle, du maïs ou de l'avoine; puis on chauffe à 60 degrés ces graines concassées et plongées dans l'eau.

1. L'eau-de-vie extraite des sirops de sucre de canne fournit le rhum, et celle des mélasses, le tafia.
2. Voir page 46.
3. Voir page 72.
4. On remplace quelquefois le *malt*, c'est-à-dire la diastase qu'il contient, par des acides.

A cette température, la diastase dédouble l'amidon en *maltose*[1] et *dextrine*[2]; mais on se garde bien de détruire par l'ébullition la diastase qui reste; et celle-ci, continuant son action, décompose la dextrine, comme elle a préalablement décomposé l'amidon[3].

Cette première opération terminée, le fabricant, qui a mandé ses petits ouvriers, soit d'un établissement voisin, soit d'une brasserie renommée, les introduit dans la cuve; mais seulement après un rigoureux examen, car il se méfie de l'intervention de tous les ferments qui ne seraient pas de vrais *Saccharomyces cerevisiæ*. Ceux-ci sont donc les seuls admis. Ils se mettent aussitôt à l'ouvrage : comme dans la cuve du brasseur, ils sécrètent un *ferment soluble* (ferment inversif) qui convertit le *maltose* en *sucre interverti*[4]; puis ils s'emparent de ce sucre. Sous leur action énergique, la masse liquide s'émeut, bouillonne; les molécules du sucre se séparent et entrent dans des combinaisons nouvelles; des crépitements se font entendre; l'alcool formé reste dans la cuve; l'acide carbonique se dégage et se répand dans l'atmosphère.

Leur tâche achevée, les laborieux microscopiques remontent à la surface, et il ne reste plus qu'à distiller le liquide.

Aujourd'hui une certaine quantité des Saccharomyces, qui pendant cette fermentation sont nés dans la cuve en quantités innombrables, sont souvent envoyés chez nos

1. Sucre qui a pour formule ($C^{12}H^{11}O^{11}$). Voir page 83.
2. La dextrine a pour formule ($C^{12}H^{10}O^{10}$). Voir page 64.
3. 100 parties de dextrine, par exemple, sont dédoublées en 50 parties de maltose et 50 parties d'une nouvelle dextrine qui diffère très peu de celle dont elle provient. La diastase, continuant son action, ces 50 parties de nouvelle dextrine sont dédoublées en 25 parties de maltose et 25 parties d'une autre dextrine ; et ainsi de suite, jusqu'à ce qu'après quatre dédoublements successifs, la quatrième dextrine se transforme tout entière en maltose, et celui-ci en glucose.
4. Sucre interverti ($C^{12}H^{12}O^{12}$). Voir page 83.

boulangers; on les préfère aux Saccharomyces des brasseries; ce sont ceux-là mêmes qui accomplissent des merveilles dans les pâtes de pain; on les désigne, de même que les autres *Saccharomyces*, sous le nom de *levûre de bière*.

Bien avant l'invasion du phylloxéra, les *Saccharomyces cerevisiæ* fabriquaient des alcools de grain et des alcools de pomme de terre[1]; mais ce n'était point en France, où la liqueur provenant de la distillation du vin avait seule l'honneur de s'appeler *eau-de-vie*. L'industrie de ces microbes n'existait encore qu'en Hollande, en Allemagne, en Autriche et en Angleterre; le brandy, le wisky, le gin étaient déjà leur œuvre. La Hollande surtout, dont les nombreux canaux fertilisent de si beaux champs de céréales, exploitait ces funestes produits. De nos jours, près de Paris, à Argenteuil, à Maisons-Alfort, etc., les blondes graines se changent, sous l'action des diastases et des Saccharomyces, en des flots de liqueur limpide aux reflets d'ambre. Mais, hélas! « tout ce qui brille n'est pas or, » et c'est bien de ces alcools, qui circulent dans le commerce sous le faux nom de *vieux cognac*, que Guy-Patin aurait pu dire : « Ce sont des poisons qui donnent la vie à ceux qui les vendent et la mort à ceux qui les boivent. »

1. On sait quelle différence existe entre ces eaux-de-vie et celle qui provient du raisin. Elles produisent des effets désastreux sur la santé. On comprend ainsi combien la bière est une boison inférieure au vin, puisque l'alcool qu'elle contient est de l'alcool de grain.

CHAPITRE VI

FERMENTATION ALCOOLIQUE

DIVERSES BOISSONS FERMENTÉES

Koumys. — Haschisch. — Kolmar. — Hydromel. — Quass. — Rackir. Pulque. — Cidre. — Poiré. — Vins divers. — Liqueurs distillées.

Le plaisir, l'ivresse et le repentir, ces trois fruits de la vigne, suivant l'expression du sage Anacharsis, peuvent, grâce à l'intervention des microbes, naître d'un grand nombre de substances.

Presque tous les peuples, même les plus primitifs, ont possédé des boissons fermentées. C'est d'abord avec des racines d'herbes ou avec du lait qu'on les prépare; puis, lorsque la culture des grains se répand, nous trouvons un peu partout une sorte de bière faite avec la céréale la plus commune dans le pays, riz, orge, seigle, maïs ou blé. Plus tard enfin apparaissent les vins de fruits. Pline observe qu'on connaissait à Rome plus de deux cents boissons vineuses. Beaucoup de ces vins contenaient des substances aromatiques diverses auxquelles ils devaient leurs qualités distinctives. Un grand nombre étaient mixtionnés de miel, de résine, d'absinthe, de safran, etc. Celui dans lequel la myrrhe dominait (*vinum myrrhatum*) était le plus apprécié.

Le naturaliste latin parle également d'une bière qu'on

fabriquait en faisant fermenter dans l'eau différentes espèces de grains : « Voyez, dit-il, combien le plaisir est industrieux; on a poussé l'intempérance jusqu'à essayer de quelle manière l'eau pourrait produire les mêmes effets que le vin [1]. »

Chez les tribus de pasteurs, où le lait est le plus abondant des aliments, l'impossibilité de le garder longtemps frais a fait rechercher de bonne heure les moyens de l'utiliser comme boisson fermentée. C'est ainsi qu'on a le *koumys* des Tartares et le *kéfir* des habitants de la Crimée. Ces deux breuvages, qui font les délices des Orientaux, sont très rafraîchissants, capiteux et nutritifs; ils moussent comme du vin de Champagne, se conservent facilement, et passent pour guérir de la phtisie. Ils contiennent de l'acide lactique, résultat de la fermentation du sucre de lait [2].

L'alcool et l'acide carbonique sont également en abondance dans ces boissons lactées. D'après quelques voyageurs, les Tartares mélangent du miel au lait de jument avec lequel ils font leur koumys. Ainsi s'explique l'intervention des Saccharomyces, qui décomposent le sucre du miel aussi volontiers que celui du raisin et des grains d'orge.

Pour le kéfir, nous ignorons si l'on ajoute au lait un sucre quelconque. En Crimée, cette boisson est exposée, dit-on, à la porte des maisons, et chaque passant est invité à donner un coup de pied dans l'outre qui la renferme, afin de disséminer dans la masse les particules solides qui s'y trouvent.

Dans l'Amérique du Sud, et en Asie, dans l'île de Formose, les femmes broient des grains de maïs et de riz; puis elles mâchent un peu de cette farine grossière et la rejettent dans un vase, mêlée à leur salive, qui remplit

1. *Hist. nat.*, lib. XIV, cap. XXII.
2. Nous étudierons plus loin cette fermentation.

le rôle de diastase et provoque une première fermentation. Elles ont ainsi une sorte de levain. Elles l'introduisent dans la farine qu'elles pétrissent, versent ensuite de l'eau sur cette pâte et abandonnent le tout à la fermentation alcoolique. Cette boisson est d'autant meilleure qu'elle a plus vieilli. Limpide à la surface, elle est épaisse et trouble au fond; lorsque les indigènes vont travailler dans les champs, ils en emportent une petite quantité, qu'ils mélangent avec de l'eau pour se rafraîchir.

Dans certaines contrées de l'Amérique du Sud, on enfouit dans la terre une jarre de cette liqueur, avec un quartier de bœuf, à la naissance d'un enfant, et on les en retire lorsque celui-ci se marie[1].

Les Indiens se procurent des boissons alcooliques avec la canne à sucre, la moelle de bambou et les fruits de divers palmiers.

Le célèbre haschisch, connu de tout l'Orient, et dont les propriétés, à la fois merveilleuses et terribles, ont été si souvent exploitées, est formé d'une poussière granuleuse recueillie sur les feuilles et les jeunes tiges du chanvre[2]. On l'extrait aussi de ces tiges par une macération pendant laquelle il se produit une sorte de fermentation. C'est avec le haschisch que le Vieux de la Montagne, Haçan-ben-Sabbah, procurait à ses séides des visions paradisiaques dont il leur promettait la réalisation dans une existence d'outre-tombe. On sait quel pouvoir sans bornes il avait acquis ainsi, et quelle obéissance aveugle il avait imposée. Sur un signe, les malheureux étaient tour à tour des assassins sans pitié ou d'héroïques combattants. Voulant un jour montrer à un prince allié le fanatisme de ses soldats et leur mépris de la vie, il ordonna à plusieurs d'entre eux de se préci-

1. S. Morwood, *Inebriating drinks*, 1821.
2. *Cannabis indica.*

piter du haut d'une tour : immédiatement ces hommes disparurent dans le vide.

Les habitants du Kamtschatka ont une liqueur fermentée dont les effets ne sont pas sans analogie avec ceux du haschisch; c'est une bière de seigle dans laquelle on fait infuser des champignons vénéneux, les *fausses oronges*.

Le kolmar indien est également une boisson enivrante et narcotique. Il est composé avec des capsules de pavot desséchées, puis bouillies, infusées dans de l'eau et fermentées. La somnolence qu'il provoque est, paraît-il, pour le buveur qui s'y adonne, des plus délicieuses. Celui-ci doit, pendant qu'elle dure, être dans un repos absolu. Le moindre bruit lui cause une sensation désagréable; il entend et comprend ce qui se passe autour de lui; mais son grand bonheur consiste à être isolé de ce qui l'entoure; il n'est plus de ce monde. Inutile d'ajouter que l'usage de ce narcotique conduit vite à l'abrutissement.

Nous lisons dans Virgile que les habitants des climats hyperboréens se maintenaient en gaieté à l'aide d'un vin qu'ils préparaient avec des sorbes [1].

L'hydromel, ou bière de miel, est le nectar des pays favorisés des fleurs et des abeilles. Il fut connu des Grecs, des Romains, et constituait la boisson préférée des habitants de la Grande-Bretagne, à l'époque des Anglo-Saxons. En Russie, on boit deux sortes d'hydromel, l'un blanc et l'autre rouge, celui-ci coloré avec le jus des canneberges, des fraises, des framboises et des cerises.

Les Russes ont aussi le *quass*, que l'on obtient en faisant moisir et fermenter dans l'eau du pain sans levain.

Les fruits du sapin fournissent une liqueur aux Bulgares.

1. *Géorgiques*, liv. III.

Les Arabes ont l'eau-de-vie de dattes, et une boisson rafraîchissante qu'ils préparent avec la pulpe du café.

L'Indo-Chine fait, avec le riz, le *rackir*.

Les Brésiliens emploient la cassave ainsi que le manioc; et les Mexicains recueillent pour leur *pulque* la sève abondante et sucrée de l'agave[1].

Le thyrse, attribut de Bacchus, est entouré de pampres et terminé en cône ou strobile, parce que, dans l'antiquité aussi bien que de nos jours, la pomme de pin servait à la fabrication des vins résineux, si appréciés des Grecs

Enfin beaucoup d'autres fruits, racines, tiges et feuilles peuvent, après diverses interventions des ferments, être utilisés dans le même but.

En France, dans quelques provinces où la vigne n'est pas cultivée, en Normandie et en Bretagne, par exemple, les pommiers et les poiriers ont le privilège de fournir la boisson fermentée. Étalés dans les vergers et sur les bords des routes, ils offrent au voyageur leurs corolles neigeuses au printemps, leurs verts feuillages en été, plus tard leurs fruits dorés par l'automne, et toujours leur cidre ou leur poiré doux ou piquant sur la table hospitalière. C'est avec un mélange de pommes douces et de pommes acides qu'on a le meilleur cidre. Les premières fournissent le sucre que vient transformer le ferment alcoolique; les autres apportent une grande quantité d'acide (acide malique), nécessaire à la bonne qualité de la liqueur. De même, un mélange de poires douces et de poires âcres donne le meilleur poiré.

Ces deux boissons se font exactement par les mêmes procédés : on écrase les fruits dans un moulin ou entre deux cylindres, et l'on attend de douze à vingt-quatre heures. La surface, exposée à l'air, prend alors une coloration rouge à laquelle plus tard le cidre devra la belle

1. *Agave americana.*

teinte ambrée qui le distingue. On ajoute de l'eau à la pulpe broyée, et on la presse à plusieurs reprises. Le liquide obtenu est ensuite versé dans des cuves où il est livré à l'action du ferment alcoolique [1].

Lorsqu'on laisse à ce ferment le temps de décomposer tout le sucre, il produit un cidre fort et piquant; mais si on l'arrête dans son travail, la boisson a une saveur plus ou moins douce.

Incomparablement supérieur à la bière, le cidre est un véritable vin; c'est le vin du Nord. Il était connu des Hébreux et des Romains. Ce sont les Maures qui ont appris aux Espagnols à le fabriquer, et ces derniers en ont fait un commerce considérable jusqu'au quatorzième siècle. On ne pourrait dire au juste à quelle époque l'usage s'en est introduit en France. On sait qu'il figurait sur la table des rois de la première race. Il s'est répandu depuis en Angleterre, en Allemagne, en Russie et en Amérique.

De même que le vin, le cidre a reçu les hommages des poètes :

> C'est toi, fils de la pomme, étincelant breuvage,
> C'est toi qui sus jadis enflammer le courage
> De ces fameux Normands dont le bras indompté
> Fit ployer d'Albion la rebelle fierté.
>
> . . . .
>
> Quand tu viens pétiller sur la table enchantée,
> Tu joins à des flots d'or une mousse argentée;
> La fièvre aux yeux ardents que rallume le vin,
> Abandonne sa proie à ton aspect divin [2].

Il est des boissons fermentées, sortes de cidres, dans lesquels les fruits du pommier sont remplacés par ceux du groseillier rouge, du prunier, du prunellier, du pêcher, du cerisier, du grenadier, du corossolier; d'autres peuvent être obtenues avec des fruits secs, tels que raisins,

1. Voir *Fermentation alcoolique*, p. 18.
2. Castel.

figues, dattes, jujubes, etc.; d'autres encore par la macération, dans l'eau, des marcs provenant du pressurage de la vendange.

Un grand nombre de ferments concourent à la production de ces liqueurs; le plus abondant, celui que l'on rencontre le plus fréquemment sur les baies et les drupes, et par conséquent dans les moûts qui en sont extraits, est le *Saccharomyces apiculatus*, de forme ellipsoïde.

Toutes les boissons fermentées possèdent, à des degrés divers, des propriétés stimulantes, susceptibles d'exciter l'esprit, de soutenir les forces.

Il suffit, dit Béranger, d'un doigt de vin pour réconforter l'espérance. Passe pour un doigt, si la main est fine; mais la mesure est délicate, et l'abus est désastreux.

Dans un hymne à Bacchus, un poète a traduit ainsi un poème homérique :

Salut, puissant dieu de la treille;
Qu'il m'est doux de subir ta loi!
De ton nectar enivre-moi;
Ce n'est qu'au fond de la bouteille
Que le poète transporté
Puise son immortalité!

Traduction qui paraîtra libre non pas seulement du texte grec, mais de la réalité, car plus d'un, dans la bouteille, pourrait bien ne rencontrer que l'ivresse dégradante et peu à peu l'abêtissement.

A certaines doses, les liquides alcooliques produisent l'insouciance, l'oubli, et « une folie volontaire, » suivant l'expression de Sénèque. Santeuil, dit-on, qui les appréciait un peu trop, leur demandait la richesse. Un jour qu'il rentrait chez lui venant de boire, hélas! autant que de coutume, sa ménagère s'emporta : — « N'avez-vous pas honte, lui dit-elle, de dépenser tant d'argent au cabaret? — Vous vous trompez, Marton, répliqua le poète en trébuchant, loin de dépenser mes pistoles, j'en

augmente le nombre, car lorsque j'ai bu, je vois tout double. » Et Santeuil au moins, dans le triste état où le mettait l'ivresse, savait conserver son esprit. Combien d'autres, qui n'y laissent point leur esprit, et pour cause, y ont perdu leur santé, leur dignité et leur raison!

Les boissons alcooliques obtenues par la distillation des liquides fermentés donnent une ivresse plus dangereuse que celle produite par les vins ordinaires.

« Je vois, dit un poète latin, je vois un buveur effréné chercher à ranimer au feu des plus fortes liqueurs les sensations de son palais blasé. Le vin naturel et pur, le jus que Bacchus avoue lui paraît sans saveur, lui devient insipide; il lui faut une boisson qui roule l'incendie dans ses veines, et c'est avec plaisir que l'insensé s'abreuve de poison. »

Jusqu'à la fin du quinzième siècle, l'alcool fut exclusivement réservé à la médecine. A cette époque, les peuples trempèrent leurs lèvres dans l'*eau de feu*, et à la fin du seizième siècle l'usage de l'eau-de-vie s'était répandu dans la plupart des contrées de l'Europe. On en fait aujourd'hui une consommation effrayante, au grand préjudice de la santé, de la moralité et du bien-être des populations. L'alcool peuple les hôpitaux, il provoque la plus affligeante de toutes les maladies, l'aliénation mentale, porte au suicide, enfante la misère. C'est par milliers que l'on compte chaque année les victimes de l'alcoolisme. L'Allemagne et l'Angleterre sont particulièrement atteintes par ce fléau.

> L'esprit de vin sucré s'avale avec douceur;
> Mais s'il rit au palais, il déchire le cœur,

dit le *Médecin de l'École de Salerne.*

CHAPITRE VII

FERMENTS DES MALADIES DES VINS

Micrococcus aceti ou *Mycoderma aceti.* — *Saccharomyces mycoderma* ou *Mycoderma vini.* — Ferment *visqueux.* — Ferment de la *Pousse.* — Ferment de la *Tourne.* — Ferment de l'*Amer.* — Emploi de la chaleur pour la conservation des vins. — Oxydation du vin.

Lorsque nous avons étudié l'œuvre du *Saccharomyces ellipsoïdes*, nous avons vu combien le précieux chimiste qui nous donne le vin est resté longtemps inconnu de la science elle-même. Aujourd'hui l'homme semble peu soucieux de réparer les injustices de son ignorance. Pourtant il aime ses collaborateurs des champs. Le bœuf et l'abeille ont leurs poèmes; mais le paysan ne sait même pas le nom du bienfaisant microbe. Ceux qui savourent le plus ses présents songent-ils jamais à quel travailleur ils les doivent?

Pauvre petite cellule du moût de la vigne, si de cet oubli tu nourris le moindre ressentiment, sois heureuse, car tu as des compagnes qui savent te venger de l'ingratitude des hommes. Les Némésis microscopiques, dont les ravages non moins que les bienfaits ne se mesurent à vos petites tailles, sont aussi des ferments; mais ce sont des ferments malfaiteurs qui rendent détestables les vins les plus exquis. Ils agissent en ceci comme ces fées méchantes des contes bleus, contre

lesquelles on gardait soigneusement le berceau d'une fillette, et qui n'en parvenaient pas moins à toucher de leur baguette néfaste l'enfant comblé de dons précieux par de puissantes marraines. Dans le pays des enchantements au moins, grâce à la bienveillante imagination des conteurs, les bonnes fées finissaient toujours par l'emporter; dans le monde réel des microbes, lorsque l'un d'eux a commis une mauvaise action, difficilement on y remédie.

Le vigneron a savamment et à grand prix conduit sa culture toute une année; il a laborieusement pioché la terre ; il l'a retournée, aérée, fumée; il a soigneusement provigné, taillé, émondé ses vignes. Le cœur plein d'espérance, il a suivi toute la saison la croissance des verts sarments. Aux tardives gelées du printemps, il a éprouvé toutes les angoisses de la crainte; il a vu avec émotion les bourgeons s'ouvrir. Aux pluies qui font couler les fleurs, il a tremblé. Attentif, inquiet, il a regardé les fruits nouer, les baies grossir, se gonfler, se colorer, et il a redouté les longs jours de sécheresse, et son cœur a palpité à l'apparition du nuage de grêle qu'apportent les orages d'été.

Enfin les grappes ont mûri, pleines de promesses; puis les vendanges sont venues avec leurs joies et leurs profits, récompenser les efforts, la sollicitude de toute l'année, et un jus abondant a coulé sous le pressoir. C'est le gros et nourrissant vin bleu, ou la délicate liqueur de quelque grand cru.

On en a rempli les tonneaux bien méchés, bien cerclés, purs de toute souillure; on l'a mis dans des bouteilles bien bouchées, bien goudronnées; on l'a enfermé dans de bonnes caves, sous de superbes voûtes, et chacun, suivant son tempérament, s'est livré à des projets et à des calculs, s'est abandonné à ses songes.

Le vigneron, qui est du pays de Perrette, a fait le rêve de l'ambitieuse laitière. Celle-ci peuplait sa basse-cour,

ses étables, et d'un pot au lait voyait sortir un troupeau; lui, acquittera la dette contractée les années précédentes où la récolte à manqué; il aura des engrais pour la saison prochaine; il achètera de la terre, il carrera son champ, il étendra sa propriété. L'artisan du village a mis de côté sa petite provision. Il a mesuré ce qu'elle lui donnera de force, de courage et de joyeux repas au jour de fête. Le riche citadin, qui paye à grand prix un vin renommé, l'a rangé dans les cases de ses caveaux pour qu'il y vieillisse et perfectionne ses qualités.

Mais, inutiles angoisses, vaines espérances, prévoyances et labeurs perdus, si l'on n'a pris les plus minutieuses précautions, si l'on en a négligé une seule; des malfaiteurs infimes, en quelques jours, en quelques heures peut-être, changeront en un liquide abominable ce vin qui a coûté tant de peine, tant de sueurs.

Ce sont les ferments de la *Pousse*, de la *Tourne*, de la *Graisse*, de *l'Amer*, et d'autres encore. Criminels microbes!

D'où viennent-ils tous?

— Ils ont pénétré dans la cuve, lors des vendanges ou du pressurage; on peut déjà les découvrir dans le moût, après la première fermentation. Ils sont donc dans le vin, cachés, embusqués, attendant que des circonstances propices favorisent l'expansion de leur méchante engeance[1].

Le récit de leurs méfaits est lamentable.

Deux d'entre eux, le *Micrococcus aceti* et le *Mycoderma vini*, se distinguent de la foule des déprédateurs;

1. Les germes de tous ces ferments des maladies se trouvaient, comme ceux du *Saccharomyces ellipsoïdes*, sur le bois des ceps et sur les grappes; mais ils ont été entravés dans leur développement par l'acidité de la liqueur qui convenait parfaitement, au contraire, au ferment alcoolique. Les conditions d'acidité ou d'alcalinité des liquides commandent le développement des êtres dont ils contiennent les germes.

l'un, parce que, ayant été domestiqué, il nous fournit des collaborateurs; l'autre, parce qu'il accompagne trop souvent le premier.

Le *Mycoderma vini*, appelé aussi *Fleur du vin*, est un rôdeur que l'on rencontre souvent et dont il faut se bien méfier, car il est le complice fréquent du *Micrococcus aceti*, resté sauvage. Il en est le précurseur habituel. Il se contente de milieux dans lesquels celui-ci ne peut vivre; même il les lui modifie, les lui rend favorables, et prépare ainsi l'invasion de ce ferment bien autrement malfaisant.

Il ne craint pas les liqueurs un peu alcooliques. Qu'on se garde prudemment d'exposer à l'air les vins chargés de matières organiques, les gros vins, les vins rouges, les vins nouveaux : il les aurait bien vite mis au pillage.



Fig. 28. — Mycoderma vini.

Long de six à huit millièmes de millimètre, large de quatre millièmes, de forme ovale et se reproduisant par bourgeonnement, on le prendrait pour le *Saccharomyces cerevisiæ*, s'il n'était un peu plus oblong et d'aspect plus granuleux (fig. 28). D'ailleurs, il est bien connu, et nul ne s'avise de le confondre avec cet honnête travailleur.

Il est là, à la surface du vin, n'attendant que l'oxygène pour se développer, se reproduire, et aussi pour tout brûler autour de lui. L'air lui en fournit abondamment, si les vases restent trop longtemps découverts, ou s'ils ne sont pas tout à fait pleins. Il le prend, le condense dans ses tissus. C'est un accumulateur puissant; la mousse de platine seule peut en donner une idée. S'il a de l'oxygène à discrétion, il devient un vrai tison d incendie, un véritable feu grégeois qui détruit tout ce qu'il touche.

Lorsqu'on approche une allumette d'un corps pour l'enflammer, on élève sa température ; il se décompose ; ses éléments gazeux se dégagent et, suivant leurs affinités, s'unissent avec l'oxygène de l'air chauffé, pour former de l'acide carbonique et de la vapeur d'eau. Lui, le microbe, substitue son action physiologique au procédé chimique ; il se met en contact immédiat avec toute molécule combustible, il la combine avec l'oxygène, il la brûle [1]. Il s'attaque à tous les éléments du vin, d'abord aux matières aromatiques, puis à l'alcool, puis au sucre, puis au tartre. Il les oxyde et fait avec leur carbone et leur hydrogène de l'acide carbonique et de l'eau.

En même temps, il se multiplie avec sa fécondité de microbe, et ses innombrables végétations, s'accumulant à la surface liquide, la recouvrent d'une couche épaisse, grumeleuse et blanchâtre.

Bientôt on peut constater que le vin est plat, qu'il a perdu sa force ; il n'est, pour ainsi dire, plus que de l'eau rougie, quelque chose d'inférieur même à ce que les écoliers appellent de l'*abondance*. Le Mycoderme a renouvelé à sa façon le miracle des noces de Cana ; en malfaiteur, c'est le vin qu'il a changé en eau [2].

Le *Micrococcus aceti* [3], dans sa vie de brigandage, est des plus redoutables. Il se glisse dans les cuves, à côté du *Saccharomyces ellipsoïdes*, qui travaille, et s'il ne peut, là, se livrer à ses tristes exploits, il pénètre

1. La *combustion*, ou combinaison de l'oxygène avec les corps qui *brûlent*, s'opère à des températures diverses, avec une production plus ou moins grande de chaleur et souvent de lumière. La chaleur est quelquefois considérable, comme celle du bois de nos foyers, quelquefois à peine sensible, comme lorsque l'air rouille le fer, ou lorsqu'un ferment décompose un liquide.

2. Lorsqu'un vin est attaqué par le *Mycoderma vini*, il faut simplement enlever les pellicules, et le mettre ensuite à l'abri de l'air.

3. Voir fig. 31, p. 134.

dans les vases où l'on recueille les produits du bienfaisant microbe.

Passant de la cuve dans le tonneau, du tonneau dans la bouteille, le misérable attend longuement, patiemment des circonstances favorables, et lorsqu'il les rencontre, malheur au possesseur du vin!

Oh! il n'est pas bien difficile. Il ne recherche pas les crus distingués, et même un peu d'acidité lui est indispensable.

Bien qu'il se nourrisse ordinairement de substances organiques, on ne le surprend pas dans les liquides où il s'en trouve beaucoup en suspension. Aussi prospère-t-il surtout dans les vins blancs, qui en général en contiennent très peu; et s'il s'attaque aux vins rouges, aux vins fins, c'est à ceux qu'une lente oxydation a dépouillés en vieillissant.

M. Pasteur l'a vu se contenter de phosphates alcalins mêlés à un peu de phosphate d'ammoniaque auquel il empruntait de l'azote. Mais avec cette trop simple nourriture, il languit; au contraire ses végétations s'étendent rapidement, s'il a quelques particules de matières albuminoïdes à sa disposition.

Lorsque le vin est jeune, vert, chargé en tanin, il ne peut y vivre, et c'est le *Mycoderma vini* qui apparaît. Celui-ci consomme en grande quantité les substances organiques; une partie de l'acide carbonique qu'il forme se dissout dans le liquide et l'acidule. Alors si, en même temps, les matières colorantes s'oxydent, avant que la production d'eau et de gaz carbonique soit excessive, le *Micrococcus aceti* se montre, et c'est de la dépouille même du *Mycoderma vini* qu'il s'alimente d'abord.

Toute son exigence porte sur l'alcool; les vins trop faibles sont sauvés par son dédain; il ne veut pas non plus des vins trop forts; il lui faut trois à quatre pour cent d'alcool, ni plus ni moins.

Mais s'il rencontre un liquide qui remplisse ces conditions, et si la surface de celui-ci est en contact avec l'air, aussitôt il s'empare de l'oxygène et commence ses dévastations ; il oxyde l'alcool, qui devient ainsi de l'acide acétique et de l'eau, et l'on n'a bientôt plus qu'un liquide imbuvable.

Toutefois cette mauvaise action ne lui est pas aussi facile qu'on pourrait le croire. Tantôt il n'a pas assez d'alcool, tantôt il en a trop, tantôt l'oxygène lui manque. et rarement il réussit dans ses desseins, car on est sérieusement en garde contre lui. Pour éviter qu'il n'ait à sa discrétion le gaz dont il fait un si coupable emploi, on emplit exactement les vases, et l'on ferme hermétiquement tonneaux et bouteilles[1].

Ainsi l'air est le milieu de vie de ces deux microbes. C'est à lui qu'ils empruntent l'oxygène. C'est lui qui fournit l'instrument de leurs déprédations. Sans lui ils restent inertes, inféconds, inoffensifs.

Il en est d'autres pour qui l'air, au contraire, est un milieu essentiellement délétère. Ils y périssent rapidement ; à l'abri de son contact, ils trouvent l'activité, la fécondité, et sont des êtres dangereux. L'oxygène ne leur est pas moins nécessaire cependant. Non moins avides, ils le prennent aux éléments du vin dans lequel ils se sont introduits, et deviennent de la sorte le fléau des tonnes et des flacons. On voit que les moyens de

1. Lorsqu'un vin est atteint par le *Micrococcus aceti*, on peut le traiter de deux manières :

1° Après avoir fait l'analyse de ce vin, on dissout dans le tonneau qui le contient, une quantité de tartrate neutre de potasse égale à la quantité d'acide formé. L'acide acétique se substitue alors à l'acide tartrique pour composer de l'acétate de potasse, et l'acide tartrique se dépose ; 2° ou bien on mélange avec le vin de l'oxyde de potassium jusqu'à saturation de l'acide acétique. Il se produit de l'acétate de potasse.

On ne doit employer ces moyens que lorsque les vins ne sont pas très acides, parce que l'acétate de potasse en trop grande quantité donne au vin un goût pharmaceutique.

défense dont nous avons parlé constituent précisément les circonstances les plus favorables à la propagation de ces êtres singuliers, les seuls dans la nature pour qui l'air ne soit pas un principe nécessaire.

Ces différences dans les conditions d'existence ont conduit M. Pasteur à diviser le monde microbien en deux grandes catégories : l'une comprend les microbes qui vivent à l'air; l'autre, ceux qui ne se développent que soustraits à l'action de ce fluide. Les uns sont dits *aérobies*, les autres *anaérobies*[1].

Parmi ces derniers se trouvent les plus redoutables destructeurs du vin.

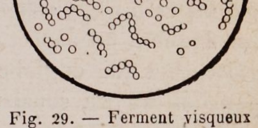


Fig. 29. — Ferment visqueux

C'est d'abord le *Ferment visqueux* ou *Ferment de la graisse* (fig. 29), une algue, un *Micrococcus*. On le rencontre dans les tonneaux et les bouteilles soigneusement bouchées. Il envahit surtout les vins blancs

1. Les premiers sont agents de combustion; les seconds sont ferments. Cette division n'est pas aussi précise en fait qu'on pourrait le croire. La vérité est que chez les êtres dont la vie est ainsi déterminée, et il est même parmi ceux-là des moisissures, l'un des deux modes d'existence est prépondérant. Ainsi, les *Mycodermes*, les *Aspergillus*, les *Penicilliums*, agents de combustion au contact de l'air, conservent plus ou moins leur activité vitale quand on leur supprime l'oxygène, et sont alors des ferments. Certains *Mucors*, bien que surtout aérobies, sont très facilement anaérobies; même ils modifient leur structure, suivant qu'ils sont l'un ou l'autre : aérobies, ils ont des tubes mycéliens rameux et enchevêtrés; anaérobies, ils projettent des tubes qui se séparent et donnent des chaînes de cellules rondes, semblables, quoique plus grosses, à des globules de levûre. La mycolevûre de M. Duclaux est aussi bien aérobie qu'anaérobie. Les levûres proprement dites (levûre de vin, levûre de bière) paraissent n'avoir besoin d'air à aucun moment de leur existence, être par conséquent essentiellement anaérobies. Cependant on peut leur faire produire de véritables phénomènes de combustion directe, en agitant à l'air le liquide qui les contient. (Voir Duclaux, *Ferments et maladies*.)

jeunes et sucrés; il les transforme en une liqueur de goût plat et fade, d'apparence grasse et repoussante[1].

Il est globuleux. Son diamètre varie de un à douze millièmes de millimètre. Il vit par bandes de huit à dix individus, qui se disposent à la suite l'un de l'autre comme des perles enfilées. Les adhérences sont souples et ondoyantes. Entouré d'une sorte de gelée hyaline et mucilagineuse qu'il sécrète, véritable appareil natatoire, il se tient à toutes les hauteurs, il occupe facilement toutes les couches, aucune zone n'échappe à ses ravages. Dès qu'il se montre, le vin perd sa limpidité, épaissit, prend une consistance qui rappelle celle de l'albumen de l'œuf, devient visqueux, et lorsqu'on le transvase, les petites cellules, guidant et retenant à la fois le jet liquide lui donnent un aspect filant, huileux. Cependant l'amas gélatineux qui englobe les cellules et les tient en suspension est peu consistant. Il ne résiste pas au choc des vagues, si l'on agite le liquide dévasté. O fragilité des choses microbiennes! Il se brise, les bandes sont dispersées, et les cellules isolées, lourdes, impuissantes, finissent par périr. Comme des épaves après la tempête, elles tombent au fond du vase, où leurs débris vont s'accumuler, et le vin bientôt redevient limpide. Mais il ne reprend, hélas! ni son goût ni son bouquet.

Un autre est le ferment de la *Pousse*. Son signalement est simple: il a l'aspect de petits chaînons à contours très nets, ordinairement groupés en nombre variable, unis l'un à l'autre par leurs extrémités, et dont chacun a une longueur de un dixième de millimètre sur une largeur de un millième. Il ne sait point, comme le *Visqueux*, s'entourer du flotteur mucilagineux qui lui permettrait de parcourir à son aise les ondes de l'océan

1. Dans cette substance les chimistes ont reconnu une espèce de gomme ou de dextrine, de la mannite et de l'acide carbonique.

dans lequel il vit et de s'élever à toutes les altitudes. Ces voyages, d'ailleurs, lui seraient inutiles; car c'est dans les bancs de tartre qu'il cherche ses aliments, et c'est au fond du tonneau qu'il se tient caché. Il craint le froid. Tant que l'air ambiant reste frais, le malfaiteur est engourdi, inerte ; rien ne décèle sa présence. Mais si la cave n'a pas été creusée dans des conditions qui lui permette d'échapper aux variations de la température, vienne le printemps, et il y aura de terribles surprises. Un jour, un honnête homme débouche une bouteille : tout à coup, une détonation se fait entendre, d'innombrables bulles d'acide carbonique se précipitent au goulot, et le vin jaillit en bouillonnant. Tout ému, il court à ses tonneaux : ils suintent de toutes parts. Il les met en perce : un jet mousseux se projette au loin. Le liquide soutiré apparaît trouble, violacé, avec de petites stries à la surface. Si on l'agite, on voit des ondes soyeuses se mouvoir en divers sens. Il est fade. Bientôt, au contact de l'air, il devient noir et prend une saveur d'abord légèrement amère, quelquefois douceâtre, puis acide. C'est le ferment de la *Pousse* qui a fait invasion. Sous l'influence de la chaleur, et aussi sans doute à l'appel de la nature, qui déjà prépare les corolles et les nids, ses germes se sont éveillés. Alors

Que tout aime et que tout pullule dans le monde,
Monstres marins au fond de l'onde,
Tigres dans les forêts, alouettes aux champs,

la vie s'est manifestée en lui, intense, active, ardente. Il s'est multiplié avec une fécondité sans mesure; ses générations sans nombre se sont livrées à leur œuvre de dévastation et ont infesté le liquide. Le temps avait tapissé de tartre, en couches successives, les parois des tonneaux et des bouteilles; le microbe a attaqué le dépôt salin. Il a décomposé le sel pour lui dérober quelque minime part de ses éléments. Pas un grain ne reste. Le tonneau est com

plètement nettoyé ; mais le vin est tourné. Les corps qui constituent le tartre, séparés sous l'action du ferment, se sont unis dans des combinaisons nouvelles. Il s'est formé de l'acide carbonique, qui se dégage. C'est ce gaz qui, en s'échappant des bouteilles, fait tant de bruit. C'est lui dont la pression à l'intérieur des tonnes fait suinter les douves. C'est lui dont les bulles viennent, dans les verres, s'étaler en couronnes de mousse à la surface du vin. S'il est le gaz le plus bruyant, il n'est pas le plus dangereux. De l'acide acétique et de l'acide propionique se sont également produits. Ceux-là ne fuient pas avec fracas au dehors. Ils restent, au contraire, dissous dans le liquide et lui donnent son goût si désagréable.

Parfois le vin tourné est incolore. Si on l'examine à travers un verre, on aperçoit flotter une sorte de nuage, d'abord plus ou moins brillant, qui ne tarde pas à prendre une teinte brune et peu à peu tombe vers les couches inférieures. C'est la matière colorante qui se sépare et va se déposer au fond du vase. Aucun des phénomènes dus à la présence de l'acide carbonique ne se manifeste. Le gaz tapageur est absent. Mais il y a de l'acide lactique et de l'acide tartrique qui rendent le vin particulièrement détestable. Il ne faut plus accuser de ce méfait le ferment de la *Pousse*. Il en est innocent. Le vrai coupable est un autre microbe qui, bénéficiant de sa ressemblance avec lui, s'est longtemps dérobé, le laissant chargé de son propre crime. Il est aujourd'hui découvert; on le nomme le ferment de la *Tourne*. Même signalement. Signe particulier : cloisonnement des filaments.

Un grand malfaiteur encore est le ferment de l'*Amer* (fig. 30). Celui-ci attaque surtout les vins fins, et il a une prédilection marquée pour les vieux Bourgogne. Il entasse ses rameaux, s'accumule en forêts sur les parois

internes des bouteilles, où, se mêlant à la matière colorante du vin, il forme un dépôt rouge brun très foncé. Sous le microscope, il ressemble à de petits bâtonnets qui se ramifient en branchages noueux. Il décolore le vin et lui laisse une amertume caractéristique.



Fig. 30. — Ferment de l'Amer.

Les voilà donc ces criminels, à qui le vigneron doit ses malheurs et qui sont le fléau de nos caves. Trop longtemps ils furent ignorés. Les ravages qu'ils causent avaient été pris pour la manifestation de maladies que les savants attribuaient aux premiers phénomènes chimiques dans les vins qui travaillent. Nul ne se doutant qu'il y eût des auteurs responsables, les coupables vivaient et se multipliaient en sécurité, bravant les donneurs de remèdes, qui s'évertuaient à guérir des maladies imaginaires. Mais le crime finit toujours par être découvert, on l'affirme du moins, et justice souvent arrive par les voies les plus détournées en apparence. C'est ainsi que M. Pasteur, faisant des études sur la dissymétrie moléculaire, puis sur les fermentations, a été amené à soupçonner l'existence des microbes. Il se mit à leur recherche, se livra à de savantes investigations, et réussit à prendre en flagrant délit les fauteurs de tant de désastres. Nos invisibles ennemis sont enfin connus. Il ne s'agit plus de guérir des vins malades, mais de supprimer des malfaiteurs, de les détruire, de les tuer.

L'empirisme déjà avait quelquefois atteint ce résultat. Les moyens qu'il employait pour combattre un mal dont il ignorait la cause faisaient disparaître les ferments.

L'expérience avait appris au vigneron que, dans certains cas, il peut sauver son vin en le décantant soigneusement, de manière à ce que la lie reste au fond

des vases. En opérant ainsi, il s'imaginait enlever un dépôt infectieux qui remonte dans le vin et le gâte. En réalité, il rejetait, avec la lie, les microbes *anaérobies* qui y vivent[1].

On savait également qu'il suffit d'ajouter de l'alcool aux vins faibles, ou mieux d'introduire dans la cuve de vendange, lorsque le moût est naturellement peu doux, le sucre nécessaire à la production d'une quantité déterminée d'alcool, pour soustraire le vin à bien des maladies. On avait remarqué que les vins de Grèce, d'Italie, d'Espagne, très alcooliques, obtenus avec des raisins très sucrés, se conservent beaucoup mieux que les nôtres. Cela se conçoit : l'alcool à haute dose est un poison pour les ferments ; ceux-ci ne peuvent se développer dans un liquide qui en contient 17 à 18 pour 100[2].

Mais ces traitements et d'autres, qui réussissent souvent, ne sont pas sans inconvénients. M. Pasteur, après avoir dénoncé le microbe, a cherché contre lui une arme infaillible et l'a trouvée. Il a indiqué pour le faire périr un moyen terrible, radical, le feu. Il le chauffe[3].

1. Le printemps et l'automne sont les époques auxquelles il convient d'effectuer ces soutirages, parce qu'alors la température favorise le développement des germes. Les paysans ont cru voir, dans l'effervescence du liquide et l'ascension de la sève au même moment, une relation de parenté entre la vigne et le vin ; il n'y a là, en réalité, qu'une relation de concomitance. La pratique de soutirer par le vent du nord a sa raison d'être ; parce qu'alors la température étant plus basse et l'air moins humide, la pression est plus grande sur le liquide. Cette pression empêche l'acide carbonique, tenu en dissolution dans le vin, de se dégager en bulles, et de produire ainsi des mouvements qui répandent les ferments dans la masse liquide. Les anaérobies se trouvent dans la partie inférieure du tonneau, et on les y laisse. (V. Pasteur, *Étude sur les vins*.)

2. Ce procédé est connu sous le nom de *vinage*. Il faut ajouter un litre d'alcool à 100° ou 1kg,700 de sucre pour chaque hectolitre de vin que l'on veut enrichir d'un degré d'alcool.

3. Le chauffage des bouteilles est très simple. On les met dans un bain-marie, après avoir eu la précaution de laisser un espace libre, de 1 centimètre environ, entre les niveaux liquides et les bouchons,

On pourrait croire que ce procédé de destruction altère la composition du vin et lui enlève ses qualités. Il n'échapperait ainsi au danger problématique d'être gâté par les microbes que pour devenir une boisson médiocre. Mieux vaudrait assurément s'exposer à le perdre tout à fait. Il n'en est rien. Bien au contraire, l'opération, conduite avec prudence, perfectionne, mûrit le liquide. En effet, ce qu'on appelle le vieillissement dépend de phénomènes dus à l'action lente de l'oxygène de l'air qui se dissout peu à peu dans le vin, et encore à la combinaison, non moins lente, des acides et de l'alcool, qui forment des éthers. Ces composés, très odorants et de saveur chaude, donnent le bouquet. Aussi un vin jeune, enfermé dans un vase hermétiquement clos, garde-t-il toute sa verdeur. En bouteilles, il ne vieillit pas, à moins qu'il ne soit incomplètement bouché, ou que l'on n'ait laissé une mince couche d'air au-dessus de la surface du liquide. Dans un tonneau, il se fait régulièrement, parce qu'un travail d'échange entre l'atmosphère et lui s'effectue à travers le bois des douves. Placé au contact direct de l'air, il mûrirait en quelques semaines, si rapidement même qu'il serait difficile de saisir le moment presque instantané où il

soigneusement ficelés. Puis on chauffe lentement. Quoique la température de 55° soit insuffisante, lorsqu'elle agit seule, pour tuer les microbes, son action, pendant une minute, détruit tous les germes dans le vin, pour peu que celui-ci soit acide et contienne 8 à 10 pour 100 d'alcool. Moins le vin est acide et alcoolique, plus la chaleur doit être grande pour aboutir au même résultat.

Cette opération rend aussi le liquide inaltérable, parce que les ferments ne traversent guère les parois des tonneaux et des bouteilles; ceux qui se développent dans ces vases proviennent généralement de germes qui étaient à la surface des grappes de raisin ou dans quelques grains avariés au moment des vendanges.

Il ne faut soumettre à l'opération du chauffage qu'un vin depuis longtemps soutiré. On ne doit pas non plus le laisser refroidir au contact de l'air. Ainsi l'on évite que l'oxygène, qui s'y trouvait alors non combiné, ne donne au liquide le goût de *vin cuit*. (V. Pasteur, *Étude sur les vins.*)

cesserait de se perfectionner, où il commencerait à perdre ses qualités, où il passerait. Enfin il courrait grand risque, s'il n'était suffisamment sucré ou alcoolique, de devenir la proie des ferments. L'emploi de ce moyen est donc à peu près impossible. En fait, c'est à la pénétration continue de l'oxygène dans le vin que celui-ci doit l'homogénéité, la saveur, la perfection de goût qu'il acquiert en vieillissant. Certain vins obtiennent leur maturité en quelques mois, d'autres ont besoin de nombreuses années. Dans les conditions ordinaires, le temps est le facteur principal, nécessaire. Eh bien, ce qu'accomplit le temps, la chaleur le peut faire aussi. Son œuvre est rapide. Elle active l'oxydation; elle favorise les réactions entre les principes contenus dans le liquide, les combinaisons entre les acides et l'alcool, la formation des éthers. Non seulement elle détruit les germes, mais elle améliore, elle vieillit le vin.

Il me souvient d'une petite expérience faite aux dépens d'amateurs consommés. Un jour des Bourguignons étaient à ma table. Ils se connaissaient en bons crus. Je fis servir un vin de Bordeaux médiocre et très jeune : il eut le succès qu'il méritait. Vite on apporta d'autres bouteilles; le contenu en fut trouvé exquis et déclaré grand vin. O naïveté des connaisseurs! Mes deux vins sortaient de la même pièce. J'avais exposé les dernières bouteilles au soleil, pendant quelques chaudes après-midi, et le soleil est un grand magicien.

A la fin du siècle dernier, un armateur de Cette, ayant embarqué sur la Méditerranée une cargaison de vin, fut jeté par un naufrage sur les côtes d'Espagne. Les tonneaux sauvés des vagues furent roulés au soleil sur la plage et y restèrent plus de dix-huit mois avant qu'on fût en mesure de les enlever. Leur propriétaire s'attendait à ne plus avoir que du vinaigre. Quelle ne fut pas sa surprise, lorsqu'il trouva dans ses tonneaux non point l'acide redouté, mais un vin délicieux, infi-

niment supérieur à celui dont il les avait emplis au départ. Cette découverte fut vite connue en Provence, et de cette époque, dit-on, date dans ce pays l'emploi de la chaleur pour la confection des vins liquoreux.

Ce que le hasard venait d'enseigner à l'armateur de Cette, les Espagnols le savaient depuis longtemps. Le chauffage au soleil est chez eux l'objet d'une pratique constante, à laquelle est due la supériorité de leurs crus les plus renommés. En Espagne et à Madère les vins riches en alcool sont mis dans des vases découverts que l'on range sur de grandes terrasses et qu'on laisse longtemps exposés au soleil. Sous l'influence de la chaleur et sous l'action de l'air, le vin se réduit, la matière colorante s'oxyde, se précipite au fond du vase ; la couleur rouge disparaît et fait place à la belle teinte jaune des vins de Xérès. Enfin des réactions s'opèrent et des éthers odorants se dégagent, qui donnent à ces vins une vieillesse prématurée et la saveur agréable qui les caractérise. Leur richesse alcoolique les préserve contre l'invasion des microbes, et jamais cet usage n'entraîne le moindre danger. Les .vignerons du midi de la France combinent aujourd'hui les pratiques de vinification usitées en Espagne avec d'autres procédés nécessités par la nature de nos cépages et le climat de notre pays. Ils fabriquent des vins qui possèdent à s'y méprendre toutes les qualités des meilleurs crus d'Italie et d'Espagne. Ces usages ne sont pas nouveaux. De tout temps la chaleur a été employée pour la conservation ou l'amélioration des vins. C'était une coutume dans l'île de Crète de faire bouillir ceux qui devaient passer la mer[1]. Le grave Caton lui-même a enseigné l'art de fabriquer des vins de Cos; l'un des moyens en usage consistait à les exposer pendant quatre ans au soleil.

1. Rozier, *Mémoire sur la fermentation des vins, et la meilleure manière de faire les eaux-de-vie.*

« En Campanie, écrit Pline, on place les meilleurs vins en plein air ; on regarde comme très avantageux que les vaisseaux qui les renferment soient frappés du soleil, de la lune, de la pluie et des vents. »

En résumé, ainsi que M. Pasteur l'a démontré, toutes les pratiques de la vinification ont pour résultat d'oxygéner le vin au degré convenable et de le préserver contre les ravages des microbes. Les ferments qui infestent nos vins ont été très puissants, tant qu'ils ont travaillé dans l'ombre, mystérieux, invisibles, ignorés. Mais à mesure que nous apprenons à les connaître, nous leur arrachons le secret de leurs forces. C'est à la science désormais qu'il faut demander des armes contre ces malfaiteurs.

CHAPITRE VIII

FERMENTATION PAR OXYDATION

MICROCOCCUS ACETI

VINAIGRE

Fabrication. — Procédé d'Orléans. — Procédé allemand. — Ancienne interprétation des phénomènes. — Expériences de M. Pasteur. — Micrococcus aceti. — Ses mœurs. — Anguillule du vinaigre. — Procédé de M. Pasteur. — Usages du vinaigre.

Sans doute, l'homme a d'abord jeté avec colère et dédain le vin aigri par l'action alors ignorée du *Micrococcus aceti* Cependant, un jour d'accablante chaleur, il en laissa tomber quelques gouttes dans l'eau de ses fontaines, et il découvrit, dans le mélange, une boisson parfumée, rafraîchissante. Il immergea, dans la liqueur acide, quelques plantes de ses potagers, et il les conserva, les embauma ; il en arrosa ses légumes verts, et il atténua leur crudité, remplaça leur cuisson ; il en assaisonna quelques-unes de ses préparations culinaires, et il eut un important condiment pour la confection de ses mets ; il y baigna des fleurs qui lui abandonnèrent leurs plus suaves aromes, et il l'utilisa pour ses ablutions et ses bains.

Et voici comment a changé de caractère l'œuvre qui fut primitivement celle d'un malfaiteur.

Le vin a été perdu, il est vrai, il est devenu détestable ; mais il s'est transformé en un liquide nouveau, il a

pris des propriétés particulières. Le vin aigre est du vinaigre. Il est acide, astringent, d'odeur agréable même, et d'un emploi précieux pour nos usages domestiques.

Une fois mis au rang des produits utiles, il fut facile de se le procurer. Le vin fut exposé à l'air dans les conditions où on l'avait vu s'aigrir spontanément, et le vinaigre se fit comme par enchantement. Lorsque plus tard la science révéla l'existence du producteur, celui-ci était depuis longtemps déjà un bon serviteur.

Ainsi, l'homme, qui greffe sur l'arbre sauvage les espèces qu'il a su varier et perfectionner; qui a trouvé jusque dans la foudre terrible un auxiliaire docile pour porter sa pensée, sa parole, mouvoir ses machines, éclairer ses nuits ; qui attelle à ses charrues le fier cheval et le fort taureau, s'est fait de la petite cellule un collaborateur assidu. Il a minutieusement étudié les phases du travail microbien et il les conduit à son gré.

La fabrication industrielle est aujourd'hui très savamment expliquée. Il n'en a pas été toujours ainsi, et jusqu'à nos jours l'empirisme l'a seul dirigée.

On savait qu'un tonneau dans lequel du vinaigre a été fait une première fois, sous la simple influence de l'air, conserve la propriété d'acétifier le vin qu'on y dépose. On avait remarqué qu'un liquide en voie d'acétification, mêlé à une liqueur alcoolique, en provoque la transformation, et l'on avait établi sur ces observations des procédés bien primitifs.

Le paysan installe près de son foyer, quelquefois sous le vaste manteau de la cheminée, un tonnelet dans lequel il met du vinaigre une fois pour toutes. Lorsqu'il en soutire une part, il la remplace par du vin, et il y puise indéfiniment ce dont il a besoin pour son usage. Les industriels eux-mêmes n'emploient pas d'autres moyens ; la fabrication en grand se fait avec plus de

méthode, mais à l'aide de pratiques à peu près semblables. Toute la valeur du produit dépend de la bonne préparation des tonneaux, du choix du vin, et de l'habileté de l'opérateur à arrêter le travail en temps opportun.

Une ville a acquis, à cet égard, une réputation si grande, que presque tous les vinaigres en France sont vendus sous le nom d'Orléans, comme tant de vins blancs mousseux sous celui de Champagne.

Dans des celliers chauffés à la température de quinze à vingt degrés, des tonneaux d'une contenance de deux à quatre cents litres, et qui portent le nom de *mères*, sont couchés les uns au-dessus des autres. A la partie supérieure de l'une des parois verticales sont pratiquées des ouvertures destinées au passage de l'air.

Pour entreprendre l'opération, on remplit chaque tonneau, jusqu'au tiers, de vinaigre bouillant; puis on verse dix à douze litres de vin, et l'on abandonne le mélange à lui-même. Au bout de huit jours, on ajoute une nouvelle dizaine de litres, et chaque semaine on continue de même, jusqu'à ce que le niveau du liquide atteigne l'orifice par lequel l'air pénètre. A partir de ce moment, l'acétification s'accélère, et en moins de vingt jours elle est achevée. De temps à autre, on soutire une partie du vinaigre et l'on recommence les additions de vin. On arrive ainsi à une fabrication régulière.

Dans le Nord, on fait le vinaigre avec de la bière non houblonnée; dans d'autres pays, on acétifie le cidre ou le poiré en les abandonnant quelque temps dans des tonneaux percés de trous à leur partie supérieure.

Les Allemands emploient une méthode très expéditive. Ils emplissent des futailles avec des copeaux de hêtre préalablement imprégnés de vinaigre, puis les placent bout à bout, les unes au-dessus des autres, de façon à faire communiquer les ouvertures dont les douves sont trouées. Un liquide alcoolique, bière ou vin de grain

est versé lentement dans l'appareil ainsi disposé. Il y rencontre un courant d'air établi de bas en haut, pendant qu'il glisse en cascades, ou, plus exactement, s'égoutte à travers les copeaux. Au-dessous est une cuve dans laquelle il s'écoule. Une pompe le remonte dans l'appareil *générateur*. Trois fois il parcourt le même cercle, et son acétification est accomplie.

Divers procédés sont en usage dans d'autres pays; mais tous tiennent plus ou moins de ceux que nous venons d'indiquer.

Au commencement de ce siècle, on considérait la production du vinaigre comme le résultat de phénomènes exclusivement chimiques. L'oxydation de l'alcool donnant de l'acide acétique, on admettait, sans la moindre hésitation, que cette réaction, effectuée aux dépens de l'oxygène, s'opère spontanément dans le vin, au contact de l'air et sous l'influence d'une certaine température.

En effet, si l'on place sous une cloche un vin blanc légèrement acide, le plus souvent on le voit se changer en vinaigre. Et si l'on introduit sous l'appareil une allumette enflammée, celle-ci s'éteint aussitôt, preuve que l'air enfermé sous la cloche ne contient plus d'oxygène. D'autre part, si l'on analyse le liquide, on trouve que l'alcool a fait place à de l'acide acétique, substance plus oxygénée, et dont la présence dans le vin constitue le vinaigre.

En 1821, Edmond Davy ayant montré que, lorsqu'on chauffe ensemble, à plus de cent degrés, de l'alcool et de la mousse de platine, l'alcool se transforme en eau et acide acétique, on en avait conclu que l'oxygène de l'air, condensé en grande quantité dans cette substance, en était chassé par la chaleur et se combinait avec l'alcool.

On pensa que dans les phénomènes d'acétification, le voile qui s'étend à la surface des liquides et les copeaux de hêtre employés dans la pratique allemande devaient

être considérés comme des corps poreux qui agissaient à la façon du noir de platine.

Ces explications furent alors évidentes et orthodoxes. Elles étaient, dans les limites des connaissances actuelles, la seule interprétation possible des phénomènes observés, lorsque M. Pasteur apporta des faits nouveaux. Il démontra, au grand étonnement du monde savant et particulièrement à la stupéfaction des chimistes, que l'acétification n'est nullement spontanée, qu'elle est due à l'action d'êtres microscopiques, et que le *voile*, ou pellicule, qui recouvre un liquide en voie de devenir du vinaigre, est une agglomération d'innombrables microbes.

Il mit du vin au contact d'un air absolument pur de tout organisme, dans des ballons de verre hermétiquement fermés, et il n'y eut point d'acétification; puis il introduisit des fragments de voile, et le vin ainsi ensemencé fut bientôt du vinaigre.

L'expérience était conduite avec le plus grand soin. M. Pasteur chauffait le vin dans ses ballons; il chassait ainsi l'air qui aurait pu contenir des germes et le remplaçait par de la vapeur; puis il bouchait les orifices avec de petits tampons de bourre de coton. Ce feutre laisse passer les gaz, mais il intercepte la plus minime particule solide. En se refroidissant, la vapeur se condensait, le vide tendait à se faire, et l'air du dehors pénétrait dans l'intérieur en traversant le coton comme un filtre. Ainsi l'air en contact avec le liquide se trouvait débarrassé de tout germe.

L'expérience était concluante. La théorie ancienne, vraie jusqu'à ce jour, était dès lors insuffisante; elle devait se modifier, s'élargir. Désormais la production du vinaigre n'était plus seulement un phénomène chimique, elle relevait de l'intervention physiologique des microbes. Ce sont ces petits êtres qui, dans l'accomplissement de leurs fonctions, opèrent, en véritables chimistes, la manipulation des éléments atomiques et en effectuent

les combinaisons. Aucune acétification ne se réalise en leur absence.

Après l'œuvre des *Saccharomyces* qui fabriquent l'alcool, nous avons donc celle des *Micrococcus* qui fournissent l'acide acétique.

Ces nouveaux venus, qui faisaient si inopinément leur entrée sous le champ du microscope, sont des cellules ovales déprimées en leur milieu, toutes semblables dans le même voile, parfois isolées, d'autres fois unies et disposées en chaînes de deux, trois, quatre, cinq, six, à la suite l'une de l'autre. On dirait les débris enchevêtrés de colliers de perles (fig. 31).



Fig. 31. — Micrococcus aceti ou Mycoderma aceti.

Leur dimension varie suivant les circonstances; mais, en général, elles sont si petites, que cinq cents rangées en file, dans le sens de leur longueur, mesureraient à peine un millimètre. Elles sont deux fois moins larges que longues.

Leur mode de génération est des plus simples : chacune s'étrangle en son point de dépression, se divise en deux cellules qui grandissent et suivent la même évolution. La multiplication est extrêmement rapide ; il suffit d'une nuit pour que quelques cellules, semées à la surface d'un liquide, le recouvrent d'un voile de plus d'un mètre carré.

Cette propagation par bipartitions successives de cellules et ce groupement en chaînettes sont propres à certaines algues inférieures du genre *Micrococcus*. Aussi les botanistes considèrent-ils le ferment acétique comme une algue, et ils le désignent sous le nom de *Micrococcus aceti*. M. Pasteur l'avait appelé *Mycoderma aceti*.

Micrococcus ou Mycoderma, lorsque ces ferments se

trouvent dans de bonnes conditions de santé, de milieu et de température, ils s'étalent à la surface du vin. Entourés d'une sorte d'enduit gras, ils ne plongent pas; ils ne sont même pas mouillés : ils flottent unis en une mince couche superficielle, voile léger, velouté, transparent.

Alors leur activité est excessive; ils brûlent avec une étonnante énergie l'alcool, qu'ils transforment en acide acétique[1]; à peine en réservent-ils une infime part pour se nourrir et une autre part pour composer les éthers d'odeur agréable dont ils parfument le vinaigre. Leur fureur de travail est telle que, lorsqu'ils n'ont plus d'alcool à leur disposition, ils s'attaquent au produit même qu'ils viennent de former; ils portent de l'oxygène sur l'acide acétique et le changent en eau et en acide carbonique[2].

1. La transformation de l'alcool en acide acétique se formule ainsi:

$$\underset{\text{Alcool.}}{C^4H^6O^2} + \underset{\text{Oxygène.}}{4O} = \underset{\text{Ac. acétique.}}{C^4H^4O^4} + \underset{\text{Eau.}}{2HO}.$$

2. « Ces faits, dit M. Pasteur, méritent au plus haut degré d'attirer l'attention. Ils nous offrent le curieux spectacle de petits organismes qui fixent l'oxygène de l'air tantôt sur un principe, l'alcool, tantôt sur un autre, l'acide acétique; exclusivement sur le second si le premier est absent, exclusivement sur le premier, malgré la présence du second, tant que le premier ne fait pas défaut.

« Pourrait-on rencontrer un exemple de combustion plus voisin de la combustion respiratoire, qui s'effectue, elle aussi, par de petits organismes, les globules du sang? Nous voyons également dans ce dernier phénomène tel principe brûlé complètement et ramené à l'état d'eau et d'acide carbonique, tel autre s'arrêter à un degré de combustion intermédiaire, comme il arrive pour l'urée et l'acide urique.

« Mais la comparaison peut aller plus loin, et, de même que dans certaines conditions les globules du sang deviennent malades et que les matériaux de l'économie ne sont plus comburés de la même façon, d'où résultent des produits d'excrétion divers, et par suite des désordres plus ou moins graves, de même nous allons voir ces petits organismes mycodermiques s'altérer dans certains cas si profondément, qu'ils ne pourront même plus porter la combustion de l'alcool jusqu'au terme acide acétique. Quelles importantes et trop souvent dangereuses modifications ne doit pas amener dans l'économie un changement de cet ordre s'appliquant aux globules du sang! »

On a d'ailleurs reconnu plusieurs espèces de micrococcus dont la valeur est très variable. Il est des voiles qui fournissent quinze à vingt litres de vinaigre tous les huit jours, tandis que d'autres ne donnent rien.

Le *Micrococcus aceti* est de tempérament fort délicat. S'il n'est pas exactement dans les conditions qui lui conviennent, il devient malade, languit, perd sa vitalité. Parfois on le voit se recouvrir de taches blafardes; il se gonfle, l'étranglement de ses cellules diminue. Dès lors il semble être impuissant à transporter une quantité suffisante d'oxygène sur l'alcool, et au lieu d'acide acétique, il n'obtient que de l'aldéhyde, substance moins oxygénée et d'odeur extrêmement désagréable.

Quelquefois, la petite couche grasse qui enveloppe les cellules et les fait flotter au-dessus de la surface du liquide est remplacée par une sécrétion épaisse et d'aspect gélatineux. Alors les chaînons se superposent, s'entrelacent, s'agglutinent. Le voile n'est plus suspendu sur le liquide, il est immergé en partie; son épaisseur est sensiblement augmentée : elle était d'un millième de millimètre à peine, maintenant elle est de plusieurs centimètres. Ce n'est plus la pellicule fine, délicate que nous connaissons, c'est une véritable peau, lourde, membraneuse. Elle ne tarde pas à tomber au fond. D'autres se forment qui se précipitent à leur tour, et d'autres encore successivement, à ce point, quelquefois, que la masse du liquide ne serait bientôt plus qu'une gelée, si les vinaigriers ne se hâtaient de les enlever dès qu'ils les aperçoivent.

Dans cet état, le microbe ne fait plus que très peu d'acide acétique et il change l'alcool en eau et acide carbonique.

D'ailleurs, le Micrococcus aceti périt avec la plus grande facilité. La température s'abaisse-t-elle au-dessous de 10 degrés, ou bien l'oxygène lui fait-il défaut? Il cesse toute action. Le vinaigre devient-il très acide? Il meurt. Manque-t-il d'éléments nutritifs? Il meurt.

Il y a dans le vinaigre un infusoire de taille gigantesque, d'aspect vermiforme, l'*Anguillule*. Il est presque visible à la loupe. C'est un monstre. Il a besoin de l'oxygène de l'air, et pour cela il habite la surface. Il est en concurrence de vie avec le Micrococcus aceti. L'animal est pour la plante un terrible ennemi.

Quand les ferments, avec l'activité qui les caractérise, se sont multipliés et ont étendu leur voile, les Anguillules sont dépossédées ; elles n'ont plus d'air, et une lutte formidable s'engage. Les monstres, ondulant avec rapidité, se précipitent au milieu des Micrococcus; ils essayent de briser la barrière qui leur fait obstacle, de détruire la membrane cellulaire. Les ferments sont immobiles. Ils sont bien infimes, bien faibles individuellement ; mais ils sont innombrables, et leurs générations s'accroissent sans cesse. Serrés les uns contre les autres, ils présentent une masse profonde, presque impénétrable. Leur résistance est passive, mais souvent invincible. Alors les anguillules, après d'inutiles efforts, abandonnent le combat. Elles battent en retraite et se réfugient sur les bords de la futaille, dans la petite couche liquide que la capillarité élève en bordure au-dessus du niveau du voile ; elles s'entassent dans cet espace restreint, où elles trouvent l'oxygène nécessaire à leur existence, tandis que les Micrococcus, maîtres du champ de bataille, s'étalent à la surface et se livrent en paix à leur travail. Quelquefois, au contraire, il arrive que les anguillules parviennent à faire une trouée. Elles pénètrent à travers le voile, le rompent de toutes parts, le mettent en lambeaux, le submergent. Ce sont des hécatombes sans mesure et sans nombre; des millions de Micrococcus vont joncher de leurs débris le fond du vase. Il n'y a plus d'ouvriers, le travail est arrêté, le désastre est complet.

Mais la guerre est un fléau pour le vainqueur compte pour le vaincu. *Væ victoribus!* Le fabricant intervient. Il

jette de la colle de poisson dans le tonneau. Les anguillules sont engluées, précipitées dans les profondeurs où gisent leurs victimes, et d'où on les enlève facilement.

Après cette exécution, de nouveaux micrococcus peuvent se développer, et la fabrication est remise en train.

On comprend quel jour la connaissance des ferments a jeté sur les procédés routiniers. Le vinaigrier n'ignore plus ce qui se passe dans ses cuves; chacune de ses opérations a maintenant un but déterminé; il peut les régler avec méthode, il est maître de la qualité de ses produits.

Il sait que le Micrococcus n'est bien portant qu'en plein contact avec l'air, que, plongé dans la masse du liquide, il donne très peu d'acide acétique et trouble le travail des ferments qui sont à la surface; aussi a-t-il grand soin de supprimer tous les germes, tous les microbes vagabonds. Pour cela, il filtre le vin qu'il veut obtenir très clair, très pur, et il fait bouillir le vinaigre qu'il y mêle pour l'acidifier.

Il sait que si trop de matières organiques sont nuisibles au ferment, celui-ci a cependant besoin d'en consommer un faible poids. Comme le vin employé est le plus souvent additionné d'eau, par conséquent ne contient pas assez d'aliments, l'industriel y ajoute une petite quantité de plantules arrachées à l'orge pendant la préparation de la bière et désignées sous le nom de *touraillons*.

Il sait que le microbe commence à brûler de l'acide acétique dès que la cuve ne contient plus qu'un quart ou un demi pour cent d'alcool. A ce moment, il prend donc ses précautions pour éviter les pertes que lui causerait l'avidité de son ouvrier, et il soutire son vinaigre.

Il sait que bien avant ce moment le microbe détruit lui-même les éthers odorants qu'il a formés en si grande abondance dès les premiers jours, et qui rendent si par-

faits les produits de fabrication orléanaise; et il mesure exactement la quantité d'alcool qu'il doit laisser, pour éviter une disparition désastreuse. A cette précaution est due la présence de l'alcool dans les vinaigres de vin.

C'est ici qu'apparaît la supériorité du procédé d'Orléans. En effet, l'acétification étant très lente, le fabricant se rend facilement compte de ce qui se passe dans la *mère*. A l'aide d'une baguette, il peut retirer un fragment du voile, l'examiner et s'assurer de son état. Il peut, en portant la main sur la paroi interne du vase, à quelques millimètres au-dessus de la surface liquide, reconnaître, au toucher d'une substance onctueuse, la présence des anguillules sur les bords, et par conséquent s'assurer que le voile n'est point déchiré et que les microbes sont en pleine activité.

Le procédé allemand n'offre ni la même sûreté ni la même perfection. Là, les microbes ne travaillent pas à la surface d'un liquide en repos. A mesure qu'ils se multiplient, ils se rangent sur l'immense étendue qu'offrent les copeaux dans le *générateur*. Leur nombre est bien autrement considérable que dans l'unique voile des *mères* orléanaises. Ils ne sont point obligés d'acétifier successivement, couche par couche, le vin qui emplit la cuve. Le liquide versé se répand sur les copeaux en nombreux filets. Il s'y mêle à l'air, dont le courant se divise et pénètre partout. Les Micrococcus travaillent, pour ainsi dire, dans la masse même de la liqueur alcoolique. L'activité de la combustion est telle, qu'il est à peu près impossible de la régler. Aussi, le plus souvent, les éthers disparaissent-ils; quelquefois même, une partie de l'acide acétique est consumée. L'eau et l'acide carbonique abondent. Ce vinaigre est en général plat et sans saveur.

Autrefois on avait les plus grandes difficultés pour obtenir une mère dans laquelle on pût commencer l'opération dans des conditions de succès assuré. Le hasard seul en décidait, et un tonneau, dans lequel de bon

vinaigre se faisait rapidement, était un trésor qu'on se transmettait de génération en génération.

Aujourd'hui, rien n'est plus simple. Puisque la valeur de la mère dépend exclusivement de l'espèce microbienne dont elle contient les germes, tout vase est parfait; il suffit de le bien ensemencer.

M. Pasteur nous a mis en possession d'un procédé scientifique très simple et bien autrement sûr que ceux d'Orléans et d'Allemagne. On transporte dans le liquide qu'on se propose d'acétifier un Micrococcus emprunté à un voile de bonne qualité. On y ajoute un peu de vinaigre destiné à donner l'acidité qu'exige le ferment. Si la température est favorable, on voit en douze heures la surface de la cuve se recouvrir entièrement d'une pellicule, et au bout de trois ou quatre jours l'acétification est terminée.

Lorsqu'on n'a point de cellules que l'on puisse semer, l'air en fournit facilement. On expose dans une atmosphère tiède un mélange de vinaigre et de vin, ou bien un liquide que l'on compose avec cent parties d'eau, un gramme par litre de levûre de bière ou de lie de vin bouillie dans l'eau, une ou deux parties d'acide acétique, et trois ou quatre parties d'alcool. Quelques jours après on peut apercevoir un voile, car les poussières de l'air renferment toujours des germes de Micrococcus aceti susceptibles de se développer, dès qu'ils rencontrent un milieu convenable.

Mais l'air seul ne porte pas les germes du Micrococcus. Le microbe a son Pégase. Certaine petite mouche joue un grand rôle dans sa vie. Elle est gourmande et vagabonde comme toutes ses semblables. Très friande d'acide acétique, attirée par l'odeur, elle accourt dans les vinaigreries. Elle voltige au-dessus des vases, frôle les surfaces, se pose sur le voile, se penche vers le liquide. Elle cherche un endroit propice, un espace, une lacune. Elle plonge les palpes de ses lèvres à travers la masse cellu-

laire. Elle s'abreuve, se repaît. Elle va, elle vient. Son vol, sa marche, ses efforts soulèvent des poussières de cellules et de germes qui s'attachent à elle. Il y en a partout, sur tous les téguments de son corps, sur les nervures de ses ailes, le long des poils de ses tarses. Elle fait mille tours. Puis elle s'arrête, se met à sa toilette, en arrière étend deux pattes, les frotte, les nettoie, puis, devant en allonge deux autres sur ses mandibules qu'elle caresse; puis elle se repose. Enfin elle part, emportant avec elle, malgré les soins donnés à sa personne, des centaines de microbes et, à travers l'air, elle va les disséminant partout.

Elle sème ainsi des colonies qui, bientôt, se multiplient et se comptent par millions.

De même que le Saccharomyces ellipsoïdes fit la première goutte de vin, dans la pulpe de la première graine de raisin qu'un insecte lui ouvrit, ainsi le Micrococcus aceti s'est propagé dans les premiers vases où l'homme inexpérimenté a recueilli le vin, et où le microbe a trouvé un milieu favorable.

Le vinaigre, comme le vin, a donc été connu de toute antiquité. Il fut utilisé pour les embaumements. Les Égyptiens l'unissaient au miel pour en composer un breuvage. Il était sous le nom d'*oxycrat* la boisson ordinaire des légions romaines. A cette époque on l'employait à tout. « Le vinaigre, dit Pline, est un remède contre la lèpre, les morsures des chiens, les piqûres des scolopendres, des musaraignes.... Des affusions de vinaigre brisent les rochers, sur lesquels le feu même n'avait pu agir. » Juvénal raconte, d'après une tradition, qu'Annibal s'en servit pour faire sauter les roches des Alpes. Pline dit encore : « Il n'est point d'assaisonnement plus agréable et plus piquant. » Le sénat romain aussi fut de cet avis, si nous en croyons l'histoire. C'était au temps où s'achevait la décomposition du grand peuple, où l'as-

semblée patricienne avait abandonné le noble souci des intérêts de la patrie pour le soin des fantaisies césariennes.

Domitien un jour se présente au Sénat:
Pères conscrits, dit-il, une affaire d'Etat
M'appelle auprès de vous. Je ne viens point vous dire
Qu'il s'agit de veiller au salut de l'empire,
Exciter votre zèle et prendre vos avis
Sur les destins de Rome et des peuples conquis;
Agiter avec vous ou la paix ou la guerre;
Vains projets sur lesquels vous n'avez qu'à vous taire.
Il s'agit d'un turbot: daignez délibérer
Sur la sauce qu'on doit lui faire préparer.

Le Sénat mit aux voix cette affaire importante,
Et le turbot fut mis à la sauce piquante[1].

Si le vinaigre a perdu la plupart des vertus que nous venons d'énumérer, il en a cependant conservé de très réelles. Quel que soit le dédain avec lequel Boileau en parle dans la description de ce repas où

paraissent deux salades;
L'une de pourpier jaune et l'autre d'herbes fades,
Dont l'huile de fort loin saisissait l'odorat,
Et nageait dans des flots de *vinaigre rosat*,

on ne peut nier qu'il occupe une place honorable dans notre économie culinaire.

Son action dissolvante sur un grand nombre de substances le rend très utile pour extraire les sucs de certaines plantes et composer des liquides aromatiques ou médicinaux. Les fleurs de sureau, la framboise, l'écorce de cannelle, les fleurs de lavande et de girofle, les feuilles d'absinthe et d'estragon, le camphre et le benjoin, macérés dans le vinaigre, donnent le vinaigre surard, le vinaigre framboisé, le vinaigre de toilette, etc. Le vinaigre des *Quatre Voleurs*, très fort, très chargé d'ail

1. Berchoux.

et de camphre, est dû, paraît-il, à des assassins qui l'avaient fabriqué pendant la peste de Toulouse, en 1720 [1]. Armés de ce prétendu antipestilentiel, ils pénétraient en bienfaiteurs dans les maisons et s'emparaient de tout ce qui était à leur convenance. Peut-être les fameux inventeurs étaient-ils simplement d'honnêtes commerçants qui, dédaigneux des prétentions de la morale à limiter les gains légitimes, avaient prêté à leur panacée des propriétés imaginaires qui leur permettaient de la vendre fort cher. Les *sels anglais* à odeur si forte, si pénétrante, et dont on emplit de petits flacons bouchés à l'émeri, sont un mélange d'acide acétique, de camphre et de diverses huiles volatiles [2].

Nous n'avons à entrer ici dans aucun détail sur l'acide pyroligneux dit *vinaigre de bois*, obtenu par la distillation des fibres ligneuses; il n'est pas plus le résultat de l'action d'un ferment figuré que les autres acides végétaux extraits des citrons, des groseilles, des fruits verts en général, des tiges de rhubarbe, de l'oseille et autres plantes.

En Chine, le vinaigre est parfois remplacé par un acide que sécrète une pieuvre. Il suffit, dit-on, de garder vivant le mollusque dans une certaine quantité d'eau, pour acidifier ce liquide.

Sans aller jusqu'en Orient pour trouver une sécrétion de ce genre, nous savons que par la distillation des abdomens de fourmis mêlés à de l'eau, on obtient un liquide incolore, d'une odeur piquante, l'*acide formique*, dont on faisait autrefois le vinaigre dit de *magnanimité*, fort

1. Lemontey, t. V, p. 327.

2. La distillation de l'acétate de cuivre donne de l'acide acétique concentré, appelé *vinaigre radical*. Cet acide, mêlé au sulfate de potasse cristallisé, forme le *sel de vinaigre*. Uni à du camphre pulvérisé, à de l'huile volatile de lavande, de girofle et de cannelle, il compose le *vinaigre aromatique anglais*. Cette dernière préparation est vendue sous le nom de *sels anglais*.

employé en médecine. Mais ces acides animaux, pas plus que les acides végétaux que nous venons de citer, ne doivent fixer notre attention. Nous n'avons à étudier que le vinaigre fabriqué par les ferments figurés.

En résumé, celui-ci est un produit de seconde fermentation. Pour l'obtenir, il a fallu le concours des Saccharomyces qui ont tout d'abord fourni les liqueurs alcooliques, puis des Micrococcus qui ont oxygéné l'alcool. L'œuvre de ces derniers est désignée sous le nom de *fermentation par oxydation.*

CHAPITRE IX

FERMENTATION PAR OXYDATION

MICROCOCCUS NITRIFICANS[1]

UN MICROBE PATRIOTE ET AGRICULTEUR

Mœurs du Micrococcus nitrificans. — Nitre ou salpêtre. — Poudre à canon. — Roger Bacon. — Composition du nitre, sa fabrication. — Le nitre, aliment des plantes. — Formation du nitre dans le sol. — Le laboureur auxiliaire du Nitrificans. — Disparition du nitre de la terre arable. — Influence du microbe sur la prospérité et la ruine des nations.

La fermentation par oxydation n'est pas un privilège échu au seul Micrococcus aceti ; d'autres végétaux, algues aussi, de la même famille, cellules ou germes, possèdent les mêmes propriétés, ont les mêmes aptitudes.

Il en est un entre tous que nous ne saurions oublier. Par l'importance de ses produits et l'influence que ceux-ci ont exercée sur la destinée des nations, ce ferment a sa place marquée ici. Les procédés qu'il emploie ne diffèrent pas de ceux que nous venons d'étudier; mais il les applique à une tout autre industrie : il fabrique le salpêtre (sel de pierre). Il s'appelle le *Micrococcus nitrificans*, faiseur de nitre.

Microbe aux mœurs singulières, vivant dans l'obscu-

1. Découvert par MM. Schlœsing et Müntz. (*Compt. rend. de l'Ac. des sc. de Paris*, 1879, t. LXXXIX, p. 891 et 1074.)

rité, recherchant les lieux bas et humides, il est l'hôte taciturne des antres sombres. Il appartient au monde ténébreux où se rencontrent les moisissures infectes, les végétations sans feuillage ni couleur, les animaux immondes, chats-huants, rats monstrueux, hideuses chauves-souris, araignées géantes, scolopendres, cloportes aux mille pattes, tous fuyards de la lumière, compagnons survivants des sorcières disparues, pauvres êtres, jadis fauteurs de présages funestes, effroi de nos pères, innocents aujourd'hui. C'est d'ailleurs un ferment essentiellement simple et de structure élémentaire, comme tous ceux de sa race; il est globuleux et se reproduit par bourgeonnement. Livré à des travaux souterrains, occupé à tapisser de blanches inflorescences les cavernes des vampires, abandonnant tout au plus une faible partie de ses cristallisations salines pour la composition de quelques philtres, le Nitrificans vécut longtemps sans qu'on soupçonnât même l'utilité de ses produits. Mais voici que l'alchimiste un jour s'avise d'étudier le nitre; il apprend à s'en servir, il le recueille, il le mélange avec le charbon et le soufre qu'il possède déjà, et la poudre est découverte. Dès lors, l'homme et le Micrococcus sont associés, et du premier coup l'œuvre commune se révèle comme un fléau.

Au milieu des batailles, soudain retentit un bruit formidable, terrifiant : un nouvel engin de guerre apparaît; ainsi que la foudre, il fait jaillir l'éclair au milieu d'un nuage, sa voix effroyable se répercute dans les airs, et lorsque le silence se fait, lorsque la fumée s'est dissipée, le sol est jonché de cadavres.

Nul alors ne se doutait que d'humbles cellules eussent donné le souffle, l'âme, le phlogistique, à l'arme meurtrière. L'existence du Micrococcus nitrificans restait ignorée, mais déjà sa secrète intervention dans les choses humaines se montrait terrible.

Arrivait-il en criminel ou en bienfaiteur?

Il emplit les gargousses des canons et les foyers des mines; sa force projette à des lieues de distance des kilogrammes de fer et de plomb qui portent la mort; mais aussi elle fait voler en éclats le rocher que les piques de centaines de mineurs entameraient à peine. Et les longs tunnels traversent les Alpes, les isthmes s'ouvrent, les océans mêlent leurs flots, les routes faciles sillonnent la terre. Si la poudre aide à massacrer les hommes, elle sert aussi à les unir. Le Nitrificans est-il responsable du mauvais usage que nous faisons de ses présents? A-t-il inventé l'injustice et la guerre?

Aujourd'hui le rôle du microbe est classé. Non seulement il nous fournit d'utiles médicaments et rend d'importants services aux arts industriels, mais il est notre précieux auxiliaire. Il remplit une fonction haute, austère, bienfaisante; il s'emploie dans nos arsenaux et compte parmi les défenseurs de la patrie. Tandis que le mineur arrache au sol le charbon et le soufre, lui accumule son salpêtre dans nos caves, dans les cavernes, dans les obscurs refuges où il a établi ses ateliers.

Cependant, ce n'est point pour nous que le Nitrificans a tout d'abord travaillé. La première fois que le salpêtre fut enflammé dans les combats, ce fut contre la France. Il a contribué à notre fatale défaite de Crécy (1346). Nous l'avons depuis oublié. Par lui nous avons eu bien des revanches superbes. Que de fois il a excité l'ardeur de nos soldats, au temps où ceux-ci « mâchaient la poudre » et entonnaient la Marseillaise pour « voler à la victoire! »

Pour nous, dans nos émotions patriotiques, nous ne saurions penser à l'éclatante journée où retentit la canonnade de Valmy, sans réserver au petit « salpêtrier » sa part de notre souvenir. Lorsque la Convention fit la grande réquisition, lorsqu'elle appela au secours de la patrie en danger les hommes, les femmes, les enfants, les vieillards, tout ce qui vivait sur le sol de France, en

distribuant les rôles et en demandant à chacun son œuvre, elle n'eut garde d'oublier celle du microbe. Le fameux décret du 25 août 1793 ordonnait : « Les jeunes gens iront au combat, les hommes mariés forgeront des armes et transporteront des subsistances; les femmes feront des tentes, des habits et serviront dans les hôpitaux; les vieillards se feront porter dans les places publiques pour exciter le courage des guerriers et la haine des rois... les chevaux seront requis... le sol des caves sera lessivé pour en extraire le salpêtre... »

Le sol des caves, c'était l'atelier du Nitrificans.

Ainsi le ferment fut appelé. Brave microbe! infime cellule! que fût devenue la France avec son enthousiasme, son courage, son patriotisme, sans ton secours? Grâce à toi, il y eut de la poudre pour les quatorze armées. Le dire est justice.

Le territoire était envahi, les arsenaux étaient vides. La Régie interrogée avait répondu que ses approvisionnements annuels de nitre ne pouvaient s'élever au delà de trois millions de livres, et il en fallait dix-sept en quelques mois. On ne pouvait songer à celui de l'Inde, puisque la mer était fermée. Les savants offrirent de l'extraire du sol même de la patrie. Les demeures des hommes et des animaux furent fouillées; et le salpêtre, que les microbes de France accumulaient depuis des siècles, soigneusement recueilli et transporté dans les ateliers nationaux, devint la force et le salut des armées. « Par son arrêté du 14 pluviôse, le Comité de Salut public fit venir à Paris, de chaque district de la République, des citoyens choisis parmi les canonniers de la garde nationale, pour y apprendre, dans des cours révolutionnaires, l'art d'extraire le salpêtre[1]. » La chimie inventa des moyens nouveaux pour le raffiner et le sécher en quelques jours. On suppléa aux moulins en faisant

1. Monge, *Art de fabriquer les canons*, préface, p. IV.

tourner par des hommes les tonneaux où le charbon, le soufre et le salpêtre étaient mêlés avec des boules de cuivre... Ainsi se vérifia cette assertion d'un membre du Comité de Salut public : « On montrera la terre salpêtrée, et cinq jours après on en chargera les canons [1]. »

Ainsi le Nitrificans eut sa part dans la délivrance de la patrie.

Nul ne soupçonnait l'existence du ferment, et pourtant on chanta une gloire qui lui appartenait. Dans les ateliers, sur les places publiques, au théâtre, de tous côtés, retentirent les *Hymnes au salpêtre*. Mais ce ne fut point assez : la Convention voulut célébrer par une fête le triomphe de la puissance libératrice. Ce fut une des plus belles de la Révolution. Toutes les sections de Paris s'y donnèrent rendez-vous; les *salpêtriers* des districts allèrent présenter à l'Assemblée le nitre brut qu'ils avaient extrait des terres et la poudre qu'ils en avaient fabriquée. « Ils apportaient, dit l'illustre Monge, l'hommage de leurs travaux en salpêtre qu'ils avaient fait cristalliser, sous des formes patriotiques, toutes très aimables, et la plupart très ingénieuses [2]. »

Quel est donc le secret d'industrie que possède le Nitrificans? Le tient-il de quelque sorcière de jadis? Qu'importe? Il connaît des procédés que de longues générations de savants mirent des siècles à étudier.

Les Indiens et les Chinois, dit-on, se sont servis du salpêtre longtemps avant nous. Les Arabes l'employèrent dans quelques-uns de leurs feux grégeois. Mais pour qu'on utilisât ses propriétés balistiques, pour que le monde appréciât les richesses que le petit ferment pouvait lui procurer, la force immense qu'il offrait, lui infime, lui faible, lui que la pression d'un doigt sur la muraille détruit par millions, il fallut attendre l'ingé-

1. Biot, *Histoire des sciences*, p. 52.
2. Monge, *loc. cit.*

nieux Roger Bacon, un obscur aussi, un moine, chercheur de pierre philosophale, savant en sortilège et magie, convaincu de sorcellerie, alchimiste et astrologue, bon à brûler, qui passa du mystérieux laboratoire à l'humide cachot, et qui, dans ses visions et évocations, trouva tant de puissantes choses! C'est lui qui, le premier, unissant le salpêtre au charbon et au soufre, reconnut les merveilleuses propriétés du mélange. Il faillit payer de la vie sa découverte. Elle lui coûta la liberté. C'est d'usage.

Roger se livrait à ses manipulations, enfermé dans une cellule où nul autre que lui ne pénétrait. Les précautions dont il s'entourait pour éloigner tout témoin de ses travaux avaient attiré l'attention de l'un de ses disciples, Hubert de Dreux. Les bruits étranges que parfois on entendait partir du laboratoire où veillait le chercheur, les lueurs brillantes que les fenêtres laissaient apercevoir au dehors, et l'odeur nouvelle, singulière, qui s'échappait à travers les joints de la porte, où l'élève attachait à la dérobée ses regards, aiguisaient son désir de connaître l'œuvre élaborée avec tant de soin.

Bacon était expert dans l'art de guérir. Un jour, on vint le chercher, pour le conduire, à quelques lieues de distance auprès de Walter de Losely grièvement blessé et qui, étant un des bienfaiteurs du couvent, réclamait l'assistance du savant moine. Roger partit. On était au matin d'un jour sombre de novembre, en l'année 1282. Jamais Hubert n'avait eu occasion meilleure pour tenter de satisfaire la curiosité qui l'obsédait. Le cœur bondissant d'impatience, le jeune homme attendit l'heure où les moines sont retirés dans leurs cellules. Alors, tremblant de crainte, suspendant chacun de ses pas, écoutant, regardant autour de lui, il glisse sans bruit dans les longs corridors et arrive à la porte du laboratoire dont le seuil lui est interdit. Il s'arrête, il tressaille... Va-t-il violer le sanctuaire de son maître vénéré?...

Le voilà au milieu des fourneaux, des creusets, des alambics, des cornues. L'un après l'autre, avec précipitation, il passe en revue tous les appareils; mais aucun ne lui révèle ce qu'il cherche.

Un livre est sur le pupitre. Il a pour titre *Epistolæ de Secretis*. Il est écrit de la main de Bacon. Hubert le feuillette... un passage parle de tonnerre et d'éclairs artificiels... Plus bas est une recette... Il la dévore des yeux... Il embrasse la page avec transport... Hubert de Dreux possède le secret du maître! Ivre de bonheur, il prépare le mélange indiqué...

Le soleil avait quitté l'horizon, lorsque Bacon, remontant, près d'Oxford, la colline où était situé son monastère, vit tout à coup, dans le ciel obscur, apparaître une lueur éclatante, puis s'élever un mélange épais de fumée, et une détonation formidable se fit entendre. « Grand Dieu! s'exclama-t-il, tandis qu'une sueur froide perlait sur son visage, c'est ma poudre qui a fait explosion! » Et, pressant de ses éperons son cheval, qui se cabrait de peur, il s'élança vers le lieu du sinistre. Tout y était rumeur et consternation. Les moines étaient affolés. Les uns fuyaient; d'autres poussaient des cris désespérés. Dès qu'ils aperçurent Bacon, ils l'accablèrent d'invectives et de malédictions. « Qu'on s'empare du magicien maudit! de l'infâme sorcier! criaient-ils. Il a fait un pacte avec le démon, déjà il lui a sacrifié une victime. Voyez les membres mutilés du malheureux Hubert de Dreux! Bientôt ce sera notre tour. Qu'on l'arrête! qu'on l'enchaîne! qu'on le mette à mort! qu'on le brûle! »

Grâce à de puissantes interventions, le bûcher fut épargné à Bacon; mais l'ignorance superstitieuse ne lâche pas sa proie, et celui dont le génie allait changer la face du monde finit ses jours dans les cachots.

Cependant Bacon n'avait point voulu divulguer sa découverte, il l'avait consignée dans ses écrits et confiée aux âges futurs. Ce fut, dit-on, Berthold Schwartz, bé-

nédictin allemand, qui en enseigna l'emploi dans l'art de la guerre.

Depuis l'alchimiste, non seulement nous utilisons les dons du Nitrificans, mais nous avons appris à connaître ses procédés : il prend à l'air son oxygène, aux matières organiques leur azote, aux sels minéraux qu'il rencontre dans le sol ou dans les vieilles murailles leurs composés alcalins, et c'est avec ces éléments qu'il fait le nitre[1].

Aussi bien que le microbe, nous pourrions produire du salpêtre; cependant il nous le fournit encore parce que, sans tubes, ni ballons, ni cornues, ni aucun des appareils indispensables à toute manipulation chimique faite par l'homme, le petit ferment fabrique à meilleur marché que nous. Il n'a besoin ni de coûteuses manufactures, ni de dispendieux transports ; quelques conditions de milieu lui suffisent : un certain état hygrométrique de l'air ; l'obscurité, ou tout au moins un faible éclairage ; une température déterminée, la plus favorable est celle de 37°, et il donne des quantités prodigieuses de salpêtre. A 10 ou 12°, il se met à l'œuvre ; mais à 55° il cesse tout travail; à 100°, il ne peut vivre. Une lumière intense rendrait ses opérations impossibles. D'ailleurs, plus délicat que la plupart de ses congénères, il a une existence fragile ; s'il est trop longtemps privé d'oxygène ou d'humidité, il meurt.

1. Nitrate de potasse ou salpêtre. $KO . AzO^5$ — Nitrate de soude. $NaO . Az . O^5$ — Nitrate de chaux. $CaO . AzO^5$.

C'est le nitrate de potasse que l'on mélange avec le soufre et le charbon pour faire la poudre à canon. La plus grande partie des produits nitrés employés aujourd'hui dans l'industrie sont dus à la transformation du *nitrate de soude* que l'on retire du Pérou. On provoque une double décomposition au moyen d'un sel de potasse qui donne naissance à deux substances de solubilité différente. Ainsi on mêle à chaud le chlorure de potassium à une solution de nitrate de soude ; il se forme alors immédiatement du chlorure de sodium qui se dépose et du nitrate de potasse qui reste dissous. On concentre ensuite la solution jusqu'à 52° Réaumur, avant de la faire cristalliser.

Industriel avisé, il semble mettre à profit cette loi des économistes qui veut que les manufactures s'établissent où sont les matières premières; aussi le voit-on s'installer dans les caves, dans les bergeries, dans les étables, dans les écuries sombres, dans les terrains riches en débris organiques, sur les sols que recouvrent une abondante couche d'humus ou des ruines d'habitations humaines, enfin partout où il rencontre, dans des conditions choisies de température, d'obscurité et d'hygrométrie, de l'oxygène, de l'azote et une substance alcaline.

Au Pérou, au Chili, aux Indes et en Chine, où le sol humide est imprégné d'azote par les dépouilles d'une végétation active, ses laborieuses colonies sont innombrables. Établies dans la terre, à quelques centimètres de profondeur, elles travaillent avec une rapidité surprenante; c'est par quintaux, par tonnes, qu'elles accumulent le nitre et le livrent à l'homme, qui le disperse dans le monde entier.

Nous venons de voir quel rôle considérable joue le *Nitrificans* dans les conflits des peuples. On a découvert récemment qu'il remplit en agriculture une fonction bien autrement importante : il est le grand préparateur des aliments azotés indispensables aux végétaux. Et l'on peut dire désormais que nul être au monde n'exerce une plus sérieuse influence sur les sociétés humaines, soit dans la paix, soit dans la guerre.

Les poètes ont recueilli la tradition d'un âge où la terre offrait ses fruits spontanément. Il n'était pas nécessaire que l'homme courbât péniblement son front vers le sol : c'était l'âge d'or.

Il fut un temps, qui appartient à l'histoire de l'ancien monde, où la mère Nature se montrait non moins généreuse. Isis et Cérès veillaient à la germination. Il suffisait que la main du laboureur s'étendît sur les sillons, qu'elle y laissât tomber le grain, et la terre

féconde rendait bientôt, en moissons abondantes, les germes qui lui avaient été confiés. Alors la fertilité du sol, en donnant aux nations le bien-être et le loisir, favorisait l'éclosion et la marche progressive de ces civilisations, dont la grandeur est encore l'étonnement et la leçon de l'histoire.

> O fortunatos nimium, sua si bona norint,
> Agricolas [1] !

disait Virgile.

Les civilisations de l'antiquité se sont éteintes. Le Tigre et l'Euphrate ne baignent plus de florissantes cités; la terre de Chanaan, la Terre promise, n'est plus que le pauvre pachalik de Damas. L'Italie, l'Afrique ont vu leurs champs devenir stériles. Les famines ont dévasté ces régions autrefois si prospères. Des populations faméliques, vivant de brigandage et de rapines, ont succédé aux peuples riches, heureux, puissants. Que sont devenues les plantureuses cultures de la Cyrénaïque? Longtemps, les moissons dorées de la Sicile et de la Toscane ont disparu. Le Latium, qui fut un jardin, est aujourd'hui la désolée Campagne romaine. Le voyageur qui, conduit par ses souvenirs classiques, va visiter la Grèce, part tout ému à la pensée qu'il portera ses pas dans les bois sacrés, sous les ombrages du Pinde cher aux Muses, de l'Hymette au miel parfumé, de l'Olympe, séjour des dieux. Hélas ! le plus souvent ne s'offrent à ses regards que des montagnes sans végétation, des roches nues, des plaines incultes, des habitants misérables,

> Quelques pierres sans nom, des tombeaux, des ruines [2].

De nos jours mêmes, de vastes contrées sur lesquelles jadis le laboureur vivait à l'aise, où le travail, souvent

1. « O trop heureux les laboureurs, s'ils connaissaient leur bonheur ! »
2. Casimir Delavigne, *Messéniennes*.

pénible il est vrai, mais toujours rémunéré, assurait l'abondance, sont épuisées; elles ne rendent plus de quoi nourrir ceux qui les cultivent. Ce qui est souvenir littéraire ou récit historique peut nous laisser des regrets. Mais ce qui touche le temps présent est grave. Il s'agit de notre existence à nous. Aussi le souci des faits actuels a-t-il sérieusement préoccupé les hommes de science. Les terres ont été analysées, leur composition chimique a été établie, les conditions de leur fertilité ont été reconnues ; on a étudié la physiologie des végétaux, leur mode d'alimentation, les substances nécessaires à leur accroissement, et une culture savante, méthodique, s'est mise en voie de remplacer les procédés empiriques et désormais insuffisants en usage chez les paysans.

Parmi les substances dont les végétaux ont le plus besoin, on a constaté que les phosphates, les sels de potasse jouent un grand rôle. On a reconnu que les plantes, pour arriver à un vigoureux développement, doivent surtout absorber des composés azotés, et naturellement on a été conduit à distribuer les cultures selon la richesse des terrains, et suivant les préférences des diverses espèces. Enfin on a pensé pouvoir rendre chaque année au sol, à l'état d'engrais chimiques, les éléments que les plantes lui enlèvent, et dont l'analyse des récoltes mesure les proportions exactes. Les phosphates et les sels de potasse ont été fournis en abondance par l'industrie; les cultivateurs, outre le fumier de ferme, ont répandu sur leurs champs des engrais azotés tels que du guano, de l'azotate de soude, du sulfate d'ammoniaque, du sang desséché, des débris de viande, de laine, de cuir, etc.

Il paraît simple de supposer que les matières azotées, ainsi restituées au sol, lui conservent indéfiniment sa fertilité première. Un calcul élémentaire semble même limiter l'azote de l'engrais à la proportion trouvée par

le chimiste dans la plante. Cependant il n'en est rien. L'analyse du sol a démontré que des quantités d'azote, bien autrement considérables que celles absorbées par la récolte, disparaissent souvent. D'autre part, on a vu que des terres mises en prairies pendant plusieurs années, et sur lesquelles aucun engrais n'a été répandu, sont, après quelque temps, aussi riches en azote que celles qui en avaient été abondamment pourvues. Les plantes les plus avides de cet aliment y sont ensuite cultivées avec le plus grand succès.

Ces observations, qui déconcertent des calculs purement arithmétiques, ont provoqué des hypothèses et des théories bien diverses.

Les uns prétendent que certaines plantes savent chercher dans les profondeurs du sol l'azote qu'elles ne rencontrent point dans les couches supérieures; les autres affirment qu'elles l'empruntent à l'atmosphère. Quelques agronomes croient qu'il est des végétaux qui puisent tout dans le sol, sans lui rien donner; que d'autres, au contraire, prennent à l'air pour enrichir la terre. Et il y aurait des plantes *épuisantes* telles que le maïs, la pomme de terre, le blé, etc., et des plantes *améliorantes* comme la luzerne, le sainfoin et toutes les herbes des prairies.

Ces explications ne servent, en réalité, qu'à classer des faits. Elles ne pouvaient arrêter les recherches de la science, et celles-ci ont abouti à la découverte de la vérité. On sait aujourd'hui ce qui se passe dans le sol, sous quelle forme l'azote est offert aux végétaux, dans quelles conditions il apparaît, se conserve ou disparaît. On a le secret des contradictions si difficilement comprises jusqu'alors. Les plantes n'ont qu'un rôle passif Le cultivateur lui-même n'est qu'un intermédiaire, un artisan de second ordre. Il y a un grand chimiste de qui dépendent tous les phénomènes de reconstitution et de déperdition des matières azotées solubles. Les

terres arables lui doivent leur richesse, leur fécondité ou leur épuisement. Ce puissant est le Nitrificans.

Le voilà donc ce pourvoyeur des batailles, ce faiseur de salpêtre, établi dans nos sillons, veillant à la subsistance du grain qui germe, nourrissant l'herbe qui grandit, fertilisant nos champs et remplissant nos greniers. En vain, le laboureur bêcherait et piocherait la terre, en vain il la déchirerait de sa charrue, en vain il enfouirait dans le sol des fumiers achetés à grand prix : sans le microbe, son champ resterait stérile.

Les plantes n'absorbent pas l'azote en toutes combinaisons. Il est nécessaire que les éléments azotés des engrais soient transformés en composés assimilables. Le ferment s'emploie à ce labeur. Il porte l'oxygène de l'air sur les substances organiques ou ammoniacales ; il les oxyde, les brûle[1], les nitrifie, et prépare ainsi l'aliment dont la plante se nourrit.

Le ferment a donc besoin d'air, et lorsque le laboureur ouvre et remue la terre, il collabore, sans s'en douter, à l'œuvre du microbe. Plus il creuse profond, plus il aide à la nitrification.

Mais le Nitrificans est un travailleur qui ne s'arrête jamais. Que lui importe l'économie de l'engrais? que lui importe l'aménagement du sol? il n'en a point charge! Tant qu'il a de l'azote et de l'oxygène, il fabrique des nitrates. Les plantes en profitent, et la terre est féconde.

Les nitrates, étant éminemment solubles, sont une nourriture facilement assimilable pour les végétaux. Mais, viennent les pluies abondantes, ils disparaissent entraînés par les eaux dans les couches profondes. Là peut-être rencontrent-ils des ferments anaérobies qui s'en emparent, les réduisent. L'azote, ramené à l'état gazeux, s'échappe peu à peu dans l'atmosphère. Pendant

1. Voir page 116.

la nitrification déjà il n'avait pas été entièrement utilisé; une partie s'était éliminée en gaz. La culture perd ainsi sa richesse, son principe vivifiant. Le laboureur pioche plus profond encore. L'air pénètre plus avant. Le Nitrificans descend de plus en plus, s'empare des dernières matières azotées, les nitrifie, et peu à peu, d'année en année, consomme la provision d'azote que la terre possédait.

Et c'est ainsi que plus un sol est labouré, plus il produit ; mais aussi plus vite il s'épuise et s'appauvrit.

De même s'explique comment les prairies assurent la reconstitution provisoire des réserves du sol. Elles emmagasinent les débris végétaux; elles opposent sur la terre non labourée un obstacle à la pénétration de l'air. Le Nitrificans, privé d'oxygène, ne peut oxyder les matières organiques, qui, ne devenant point des nitrates solubles, s'accumulent et réparent les pertes antérieures. Mais vain expédient, profitable tout au plus au propriétaire actuel. La destruction finale n'est que retardée.

Le danger des labours trop fréquents n'est point seulement d'épuiser l'azote de la terre arable, en suractivant la nitrification. L'oxygène que la bêche et la charrue portent au ferment, se trouve mis en circulation dans la couche la plus riche du sol, l'humus. Cette couche superficielle, noirâtre, de formation récente, résultat des décompositions immédiates de la matière organique, feuilles, racines, débris de toutes sortes déposés par les végétations précédentes, renferme encore la moitié de son poids en carbone. Eh bien, l'aération provoque l'oxydation des matières carbonées qu'une active combustion réduit bien vite en acide carbonique, et l'humus diminue rapidement. Or cette partie du sol a la propriété d'entretenir l'humidité mieux que l'argile et que le sable. Elle conserve à la plante l'eau dont celle-ci fait si grande consommation, et que pendant les jours d'été les nuages de l'atmosphère lui refusent si souvent. Si

donc l'humus est détruit et si les sources sont peu abondantes, la sécheresse se fait bientôt sentir; elle devient aussi désastreuse que la disparition des éléments nutritifs. La stérilisation du sol est accomplie. Le laboureur n'a plus d'autres ressources que l'emploi coûteux des engrais artificiels et l'irrigation.

A ce moment, ce n'est plus la terre qui nourrit les plantes, mais le chimiste. L'agriculture a changé de caractère et de méthode. Elle est devenue un art industriel. Elle était autrefois une routine d'ignorant; elle repose désormais sur une vaste science.

Telle est en France la situation actuelle.

Pour cultiver le sol, pour vivre de la terre, il ne suffit plus aujourd'hui de savoir conduire des bœufs, tenir une charrue, tracer un sillon, piocher, se courber, peiner, suer et attendre le reste de la nature. Un agriculteur doit être instruit. Il faut qu'il connaisse la physique la chimie, la météorologie, la botanique, la zoologie, la géologie et beaucoup d'autres choses encore. Ainsi nous échapperons à la ruine.

Malheur au paysan qui n'est point prêt à cette évolution! Il a beau redoubler de travail, de fatigue, de labeur, il ne recueillera que la misère. Qu'il en prenne donc son parti et soit un homme nouveau. A cette rénovation il trouvera un double profit : son intelligence s'ouvrira aux choses de son temps, et sa fortune se relèvera ainsi que celle de son pays.

Que l'État, soucieux de sa mission, crée des écoles professionnelles agricoles dans tous les cantons de France.

Ce qui se passe sous nos yeux nous explique clairement comment les riches contrées qui, dans l'antiquité, furent si fertiles, ont vu la terre se montrer peu à peu impuissante à nourrir ses habitants. Les vastes plaines couvertes de moissons étaient régulièrement labourées, et,

sous le chaud soleil des régions méridionales, leur aération constante rendait la nitrification active et incessante. L'azote et le carbone s'oxydaient rapidement; l'humus s'épuisait. Les pluies, si nécessaires à la végétation, étaient alors une cause d'appauvrissement; elles entraînaient, dans les courants souterrains, l'aliment indispensable des plantes. Ainsi, d'année en année, le sol perdait tous ses éléments utiles.

Les anciens ne connaissaient pas les engrais artificiels; ils ne pouvaient donc restituer à la terre les principes qu'elle n'avait plus. Alors on avait recours aux jachères. Puis on ouvrait de nouveau les sillons; mais la fertilité première n'était point retrouvée; à peine, pendant quelques années, obtenait-on de maigres récoltes. Il fallait donc transporter ailleurs la charrue. On demandait à un sol vierge les produits que n'accordait plus la terre des aïeux. On abattait l'antique forêt, le bois sacré. Là, l'humus accumulé, pendant des siècles, offrait généreusement ses trésors aux cultures nouvelles. Mais le déboisement changeait les conditions météorologiques de la contrée; le régime des pluies se modifiait; la sécheresse s'ajoutait aux funestes procédés qui avaient ruiné l'ancien sol, et les nouveaux champs étaient rapidement stérilisés.

Il ne restait désormais d'autre ressource que de porter la guerre au loin pour conquérir des territoires encore incultes, ou d'imposer, les armes à la main, d'énormes tributs à ses voisins. Une classe de trafiquants s'enrichissait; mais les populations agricoles ne profitaient point de la conquête et continuaient à vivre dans la pauvreté. L'équilibre était rompu entre les divers groupes nationaux; de graves perturbations sociales ne tardaient pas à se manifester; c'étaient les premiers symptômes de la décadence. Ainsi ont péri des sociétés dont la puissance semblait indestructible.

En songeant aux grandes civilisations disparues, nous

ne pouvons nous défendre de penser avec effroi à l'œuvre à la fois si féconde et si dangereuse du microbe qui, tour à tour, enrichit et appauvrit la terre, et à qui tant de peuples ont dû l'abondance, puis la misère.

Dans les causes de la prospérité et de la ruine des nations, qui osera mesurer la part du Nitrificans?

C'est assez parlé de ce formidable. Nous allons nous reposer auprès de moins puissants personnages. Ceux-ci ne font pas tant de bruit dans le monde. Ils aident l'homme dans les travaux de la paix, et se contentent d'être ses utiles auxiliaires dans la vie simple et calme des champs.

CHAPITRE X

FERMENTATION LACTIQUE ET FERMENTATION CASÉIQUE

MICROCOCCUS LACTICUS. — PENICILLIUM GLAUCUM

LAIT ET FROMAGE

Lait vu au microscope. — Globules du beurre. — Crème. — Sucre de lait. — Acide lactique. — Micrococcus lacticus. — Fermentation lactique. — Présure. — Caséase. — Caillé. — Grumeaux et petit-lait. — Moyens d'empêcher quelque temps le lait d'aigrir. — Extraction et emploi du sucre de lait. — Composition chimique du lait. — Préparation de quelques fromages. — Brie, Camembert, Roquefort. — Penicillium glaucum. — Gruyère, Parmesan. — Fromage végétal des Chinois. — Diverses substances dans lesquelles se produit la fermentation lactique.

Au delà du monde perceptible à nos sens, la science ouvre partout autour de nous d'étranges échappées. Une goutte de lait, sous le microscope (fig. 32), offre à nos yeux émerveillés une multitude de sphères opalines disséminées en un fluide transparent et bleuâtre, comme les globes célestes dans l'espace azuré.



Fig. 32. — Une goutte de lait vue au microscope.

Je demande au chimiste, qui les a explorés, quels sont ces mondes. — Ce sont les *globules du lait*, petites masses graisseuses savamment composées. Regardez-les dans votre

tasse; ils se sont réunis peu à peu à la surface liquide, où ils s'accumulent en une couche épaisse, grasse et d'un blanc jaunâtre, qui n'est autre que la belle et bonne crème. Les pétrit-on par le battage, ils tombent au fond du vase, s'y agglomèrent et deviennent le beau beurre doré, si fin, si délicat, si pénétré souvent du parfum des fleurs.

Les anciens peuples, dont la nourriture était très simple, considéraient cette partie du lait qui surnage comme l'aliment le plus exquis. Les Scythes mettaient un soin extrême à la recueillir et à la bien préparer. S'il faut en croire Hérodote, ils la faisaient battre, pour obtenir le beurre, par des esclaves auxquels ils avaient crevé les yeux, afin que, dit Montesquieu, rien ne pût distraire ces malheureux de leur importante fonction.

Au-dessous de la crème, le liquide, moins dense est, même avant le baptême que lui imposent les laitières, de l'eau dans laquelle sont dissous divers sels, du sucre et de la *caséine*, substance blanche très azotée.

La *caséine* ou *caséum* qui, dans le lait, est particulièrement le principe nutritif, ne s'y présente pas seulement en solution; on l'y rencontre aussi en suspension à des degrés divers de densité, et sous forme colloïdale, c'est-à-dire avec une consistance qui rappelle celle de la colle, et sous forme de particules solides extrêmement ténues. C'est à la dissémination de ces particules que le lait doit sa blancheur. Il tient des globules gras sa légère teinte d'ambre[1].

1. Un litre de lait contient environ 40 à 60 grammes de caséine, sur lesquels la caséine soluble, la seule directement assimilable, n'entre que dans la faible proportion de 4 à 6 grammes. Le lait auquel on mêle un alcali (soude ou potasse) devient plus transparent, surtout si on le chauffe ensuite jusqu'à ébullition, parce qu'une portion de la caséine solide passe à l'état de caséine colloïdale. Cette augmentation de la transparence du lait est sensible dans les grandes villes, notamment à Paris où, pour retarder la coagulation, on additionne le lait de bicarbonate de soude. On se sert encore de ce sel, à Paris, pour laver

Laissez ce beau lait, ce bon lait abandonné à lui-même durant quelques jours, puis retournez le voir. Son aspect a complètement changé ; l'opale uni de la surface a disparu ; des caillots blancs nagent dans une liqueur bleu verdâtre très claire et très transparente. Goûtez cette liqueur : elle est aigre.

Que s'est-il donc passé?

Venus sur l'aile du vent, disent les uns, nés là spontanément, affirment les autres, de petits organismes ont vécu dans la douce mer blanche ; ils s'y sont développés et reproduits ; ils y ont puisé l'aliment nécessaire à leur existence. Ce qu'ils y ont pris est en quantité infinitésimale, les chimistes n'ont pu encore le peser ni le mesurer ; mais pour s'assouvir, dans leur vie intense, ils ont troublé la combinaison des éléments du sucre ; ils ont dédoublé ce corps, comme disent les savants, ils ont divisé en deux parties le carbone, l'hydrogène et l'oxygène de chaque molécule de sucre, et ils en ont fait deux molécules d'*acide lactique*. D'où le nom de *fermentation lactique* donné à ce phénomène [1].

Alors, sous l'influence de l'acide lactique, la caséine colloïdale est passée à l'état de caséine solide ; elle s'est coagulée comme un blanc d'œuf que l'on chauffe, et elle a entraîné les globules du beurre avec lesquels elle constitue maintenant le *caillé* ou caillots blancs. La li-

les vases des laiteries, et comme on fait souvent sécher ces vases au lieu de les essuyer, l'eau s'évapore en laissant, sur les parois, des cristaux qui se dissolvent ensuite dans le lait.

Les acides produisent une action inverse : ils font passer la caséine colloïdale à l'état de caséine solide.

1. Le ferment lactique est un agent extrêmement puissant. Tandis qu'il faut deux à trois grammes de levûre de bière pour décomposer 100 grammes de sucre ; le dédoublement de cette substance, en même quantité, peut être effectué par un centigramme de ferment lactique. Celui-ci prend donc moins encore au sucre que le Saccharomyces, et la formule suivante, qui indique son action, s'en trouve plus exacte :

$$\underset{\text{Sucre.}}{C^{12}H^{12}O^{12}} = \underset{\text{Acide lactique.}}{2C^{6}H^{6}O^{6}}$$

queur transparente où nagent ces grumeaux est le *sérum* ou *petit lait*, auquel l'acide lactique communique une saveur aigre.

Le lait se trouve ainsi séparé en deux parties, l'une solide, l'autre liquide. Le *caillé*, égoutté ou pressé, est la pâte dont se fabriquent ensuite les différents fromages.

Avant les travaux de M. Pasteur, on n'avait que des idées vagues sur la cause provocatrice du phénomène. L'absence apparente d'un ferment organisé prêtait un puissant appui aux idées de Liebig. La caséine ou matière albuminoïde, et non le sucre, était, d'après ce chimiste, l'élément initial de la fermentation. On supposait que le mouvement moléculaire, suite d'une altération spontanée de cette substance, était capable de se transmettre aux principes sucrés contenus dans la liqueur. La caséine semblait opérer par le fait seul de sa propre décomposition, sous l'influence mystique de ce qu'on appelait alors l'action *catalytique*, en souvenir, sans doute, de messieurs les alchimistes. Autant eût valu dire qu'elle donnait l'exemple.

Cependant, il y avait une intervention matérielle; mais l'agent ne se voyait point dans la cornue du chimiste, et nul ne devinait son existence. L'imagination aux regards omnivoyants ne l'avait pas soupçonné. Aucune fable, aucune légende ne l'avait entrevu. Elfes, lutins ni farfadets n'erraient sur les bords des jattes pleines. Ainsi le lait tournait, se caillait spontanément, lorsque M. Pasteur, en 1857, guidé par des idées bien arrêtées sur les causes de la fermentation alcoolique et des fermentations en général, entreprit des recherches.

En suivant avec attention les phases d'une fermentation lactique, il avait observé, à la surface du dépôt des matières azotées, la présence d'une substance grise disposée en zone. Des traces de cette même substance étaient également collées aux parois supérieures du vase où l'avait emportée le mouvement gazeux. Elle était rare, à

peine visible, et difficile à distinguer du caséum. Il soupçonna que là était un monde, probablement celui du ferment lactique. Mais comment s'en assurer ?

Il prépara une liqueur aussi appropriée que possible aux conditions d'existence des ferments organisés : c'était de l'eau pure de tout germe, dans laquelle il avait fait bouillir de la levûre de bière qu'il avait ainsi tuée, mais dont les éléments azotés et minéraux subsistaient, et à laquelle il avait ajouté du sucre et de la craie. Il remplaça l'air par de l'acide carbonique, et éleva la température jusqu'à 30 et 35 degrés. Nul milieu ne pouvait être plus favorable à la vie du microbien qu'il recherchait. Cependant aucun phénomène révélateur ne se manifesta. Alors il porta sur la liqueur une imperceptible parcelle de la matière grise, et bientôt il vit se manifester tous les symptômes d'une fermentation lactique. Plus de doute, la matière grise était une agglomération de microbes, et M. Pasteur avait sous les yeux le *ferment lactique*.

On connaissait enfin l'agent mystérieux, le sorcier, l'alchimiste, détenteur de la prétendue force catalytique. On le vit abonder sous le champ du microscope. C'est un organisme infime; il pénètre dans le lait, et aussitôt s'opère le dédoublement du sucre. La condensation, la coagulation de la caséine n'est plus dès lors que la conséquence du premier phénomène.

Pris en masse, le *ferment lactique* ressemble à la levûre de bière; il est seulement un peu plus visqueux et d'une couleur plus grise. Au microscope, l'aspect en est différent. Ce sont des cellules beaucoup plus petites que celles du *Saccharomyces cerevisiæ*. On les rencontre le plus souvent, surtout au commencement de la fermentation, disposées en chaînes à la file l'une de l'autre; puis les chaînes se disloquent, et les cellules s'isolent. Comme celles du Micrococcus aceti, elles sont ovales, plus ou moins étranglées en leur milieu, et se multi-

plient par segmentations transversales, ce qui les a fait également classer parmi les Micrococcus. Les botanistes les désignent sous le nom de *Micrococcus lacticus* (fig. 33).



Fig. 33. — Micrococcus lacticus.

Ainsi, dans cette goutte de lait où nous avons contemplé des mondes, nous découvrons des végétations innombrables flottant dans les ondes blanches comme des forêts d'algues dans les océans.

Avant les conquêtes inattendues de la science, quelle imagination eût jamais abordé ces régions de l'univers microscopique où la vie se manifeste avec tant d'exubérance, où la cellule sort incessamment de la cellule, puisant dans la matière inerte les éléments qui s'organisent en elle! La réalité dépasse ici l'illusion; à mesure qu'on avance vers des horizons nouveaux, d'autres se déroulent, et l'on voit s'entr'ouvrir les insondables abîmes de l'infini. Des êtres nous apparaissent soudain, comme des génies enfantés par la fantaisie des poètes, et ils sont tantôt nos bienfaiteurs, tantôt nos ennemis. Ce n'est point par caprice, mais toujours en obéissant aux lois de leur existence qu'ils nous servent ou nous nuisent. La découverte de ces lois nous permettra de les placer dans des conditions telles qu'ils nous soient favorables, ou tout au moins inoffensifs. Nous avons déjà demandé à quelques-uns d'entre eux le vin, la bière, le pain. En voici un qui vient aigrir le lait que nous nous apprêtions à boire, et tandis que nous déplorions son intervention, nous nous apercevons qu'il a opéré une substitution utile; il ne nous enlève le lait que pour nous donner le fromage. A nous d'en faire un collaborateur ou de nous défendre contre ses invasions.

Il est en notre pouvoir d'entraver son action. Nous

empêchons le liquide d'aigrir en le faisant bouillir : la chaleur détruit le ferment et la vapeur d'eau emporte au loin les semences. La pellicule qui le recouvre pendant l'ébullition protège ensuite le lait contre le contact de l'air, et contribue ainsi à sa conservation. Le froid nuit également au développement du Micrococcus. Un autre procédé pour retarder la solidification de la caséine consiste à ajouter au lait une petite quantité de borax ou d'un carbonate alcalin qui neutralise l'acide lactique à mesure qu'il se forme[1].

La coagulation spontanée du lait est donc due à un microbe.

Mais la production du *caillé*, résultat de la *fermentation lactique*, ne rend pas la caséine digestive ; elle n'est que le phénomène ultime des modifications du caséum. Le fromage n'est pas achevé, il ne possède pas ses qualités définitives, et nous allons voir se manifester, pour l'en gratifier, une seconde *fermentation* que l'on nomme *caséique*.

Deux séries de phénomènes inverses marquent l'évolution des substances alimentaires à travers le corps des animaux. Les premiers, ceux *d'assimilation*, changent la partie nutritive de l'aliment en la substance même de

1. Le *bicarbonate de soude*, à la dose de 2 grammes et demi par litre, peut retarder de dix à douze heures la coagulation du lait pendant les grandes chaleurs. Le *borax*, ou *borate de soude*, produit le même résultat, et il agit doublement ; d'une part, la soude, l'un des composants, en neutralisant l'acide dégagé par le ferment lactique, ralentit la coagulation de la caséine ; d'autre part, l'acide borique, autre composant du borax, est un antiseptique dont l'action s'exerce sur le microbe lui-même. Ces deux sels (bicarbonate de soude et borax), employés à forte dose, présentent des inconvénients au point de vue hygiénique. On s'est aussi servi du salicylate de soude, qui neutralise l'acide lactique, en même temps qu'il détruit le microbe. Mais, comme tous les antiseptiques puissants, s'il est susceptible d'entraver la fermentation, il est de même capable d'arrêter les phénomènes de la digestion et il est dangereux de l'introduire dans nos aliments.

l'être qui l'absorbe; les derniers, ceux de *désassimilation*, séparent de l'organisme cette substance brûlée, c'est-à-dire oxydée, usée par les actes vitaux, et la rejettent à l'extérieur, suivant divers modes, en différents composés, et principalement à l'état d'urée. Elle est bientôt réduite en carbonate d'ammoniaque et ramenée à ses éléments premiers, carbone, hydrogène, oxygène et azote, que les végétaux reprennent pour en faire leurs tissus, et ceux-ci servent à leur tour de nourriture aux animaux. Tel est le mouvement de la matière à travers les trois règnes.

Le lait est un aliment spécialement destiné aux jeunes mammifères. Il traverse leur corps qui s'en nourrit; ses éléments s'y fixent quelque temps, puis disparaissent.

Eh bien, pour que ce phénomène s'accomplisse, pour que l'assimilation soit possible, il faut que le lait subisse un certain nombre de métamorphoses.

Et d'abord, il est divisé dans l'estomac en deux parties : l'une comprend l'eau, les sels et la caséine dissoute, qui est directement absorbée; l'autre, les matières grasses et la caséine solide, sous forme de caillé. C'est particulièrement le suc gastrique [1] et, chez les animaux en lactation, une diastase nommée *présure* [2] qui interviennent dans cette première opération, tout comme nous l'avons vu faire tout à l'heure par les microbes.

Le Micrococcus lacticus et les glandes de l'estomac, principalement dans le jeune âge, agissent donc d'une manière identique, à ce point que, dans les laiteries, pour avoir le caillé et se passer de l'action des ferments toujours plus lente, on emploie, sous le nom de *présure*, les lambeaux de la membrane stomacale du veau, qu'on amollit dans un peu d'eau chaude; on les introduit

1. Le suc gastrique est un liquide acide sécrété par des glandes qui se trouvent dans la membrane muqueuse de l'estomac.

2. La diastase *présure* est sécrétée aussi par des cellules de l'estomac.

dans le lait à la température de 30° à 35°. Deux heures après la coagulation est complète[1].

Les acides et la chaleur activent ce phénomène. On comprend ainsi pourquoi, en été, le lait tourne plus facilement et comment, lorsqu'il contient déjà une certaine quantité d'acide lactique, insuffisante pour effectuer seule la coagulation, celle-ci s'opère à l'instant, si la température s'élève de quelques degrés; on conçoit de même que, si l'on met sur le feu du lait légèrement aigri, il devient grumeleux[2].

1. La coagulation se fait d'autant plus rapidement que la quantité de présure est plus grande et que la température est plus voisine de 41°.

Les anciens employaient déjà la présure pour faire artificiellement du fromage. Nous lisons dans Pline : « On vante la présure du faon, du lièvre, du chevreau; mais la meilleure est celle du diasypode. »

On fabrique aujourd'hui dans le commerce des présures concentrées. Par exemple, à Copenhague, un négociant, M Hansen, prépare avec la muqueuse de la caillette du veau un liquide dont un litre, à la température de 35°, coagule, en dix minutes, 10 mètres cubes de lait. Ce liquide est à peu près limpide; il renferme, à l'état de solution, 5 pour 100 de la matière active que l'on peut précipiter par l'alcool. En Autriche, M. Soxhlet a obtenu une présure qui, à 35°, coagule, en trente-cinq minutes, 100 000 fois son volume de lait.

2. La transformation de la caséine colloïdale en caséine solide peut donc être réalisée :

1° Par la diastase *présure;*

2° Par le *Micrococcus lacticus*, c'est-à-dire par l'acide qui résulte de l'action du microbe;

3° Par les acides en général ;

4° Par l'un ou l'autre de ces agents, uni à l'action de la chaleur, et alors la quantité nécessaire de présure ou d'acide est d'autant moins grande que la température se rapproche le plus de 41°. Tous les acides n'agissent pas non plus avec la même intensité. Ainsi, à la même température, il faut 10 fois plus d'acide acétique que d'acide lactique ou d'acide sulfurique ou d'acide chlorhydrique.

5° Enfin, par la chaleur seule. Mais, dans ce cas, on est obligé de recourir à une température de 130° à 140°, qui ne s'obtient qu'en vase clos.

On attribue encore à plusieurs plantes de la famille des *Rubiacées*, entre autres au Galium (Caille-lait), la propriété de cailler le lait. Dans de récentes expériences, M. Raginski a trouvé une présure dans les fleurs d'artichaut, dans le suc du figuier, dans les extraits aqueux du *Carica papaya*.

Mais le caillé est lourd, indigeste, et le jeune animal a besoin qu'il soit d'une digestion plus facile. L'appareil glandulaire des intestins obtient ce résultat, grâce au suc pancréatique[1], qui modifie l'état moléculaire du caséum pour le rendre très soluble dans l'eau, et par conséquent éminemment assimilable.

Cette seconde opération, que les cellules du pancréas réalisent chez l'animal est l'œuvre, à l'air libre, des ferments figurés. A peine. la coagulation du lait s'est-elle produite, qu'une nouvelle intervention microbienne se manifeste et détermine la *fermentation caséique;* comme le suc pancréatique, elle change le caséum insoluble en la substance soluble et assimilable définitive qui est le véritable fromage[2].

Ainsi les cellules errantes que l'air transporte, les microbes provoquent dans le lait abandonné à lui-même le double phénomène que les sécrétions glandulaires du tube digestif, particulièrement celles de l'estomac, puis celles du pancréas, accomplissent dans le corps des animaux.

Les microscopiques agissent-ils directement ou par l'intermédiaire d'une diastase? Y a-t-il une ou plusieurs espèces de ferments? — D'après M. Duclaux, les ferments du lait comprendraient de nombreuses espèces. Les uns ne sécréteraient que la *diastase présure*, qui préside spécialement à la coagulation du caséum; d'autres, que la diastase digestive ou *caséase*, qui rend soluble le caillé; enfin d'autres encore exsuderaient ces deux sortes de diastases[3].

1. Le suc pancreatique est un liquide sécrété par une glande nommée *pancréas*, située dans la cavité abdominale.

2. Parfois la *fermentation caséique* s'effectue sans que la *fermentation lactique* se soit manifestée, ou plutôt en même temps. La caséine passe alors directement à l'état de solution, sans qu'il se soit préalablement formé de caillots, et le lait prend l'aspect transparent caractéristique de ce nouvel état de la caséine.

3. Duclaux, *Ferments des Maladies*, p. 81.

Existe-t-il une différence entre le lait coagulé spontanément et celui que l'on a soumis à l'influence de la présure? — Les caillés sont exactement semblables; mais il n'en est pas de même des petits-laits. Dans le premier cas, le sucre se dédouble, ainsi que nous l'avons dit, en acide lactique, ce qui donne un petit-lait aigre; dans le second cas, la transformation du sucre en acide lactique est incomplète, et l'on a un petit-lait doux.

La découverte de la présure a permis, en effectuant une économie de temps et de matière première, de se passer de la collaboration d'un travailleur trop dépensier de sucre. La prévoyance domestique, qui s'efforce de tirer parti de tout, ayant dès lors à sa disposition du petit-lait doux, l'a recueilli et en a extrait la substance saccharine. Cet usage a été autrefois d'un grand secours dans les pays où la difficulté des communications et l'absence des moyens de transport rendaient impossible ou trop coûteuse l'introduction des produits coloniaux.

D'ailleurs, avant la découverte de l'Amérique, le sucre ne faisait point partie de l'alimentation ordinaire. Il était surtout utilisé en médecine. On le tirait de divers végétaux à saveur essentiellement douce; les paysans des bords de l'Océan se servent encore de certaines algues pour édulcorer leurs aliments. Le sucre du petit-lait a longtemps possédé des vertus merveilleuses, entre autres celle de guérir de la goutte. De nos jours, en Suisse, dans quelques villages reculés des montagnes, les ménagères ont conservé l'habitude de s'en servir.

Pour le préparer, on filtre le petit-lait à travers un linge et on laisse s'évaporer la partie aqueuse sur un feu modéré, jusqu'à ce que le liquide ait acquis la consistance du miel. Lorsqu'il est refroidi, on le coule dans des moules aplatis, en tablettes, que l'on fait ensuite sécher au soleil.

Tous les laits sont-ils susceptibles de se coaguler sous

l'influence des microbes et sous celle de la présure ? — Absolument tous : lait de vache, de chèvre, de brebis ou d'ânesse, en Europe; lait de renne, en Laponie; lait de buffle, en Afrique et aux Indes orientales; de lama et de vigogne, en Amérique; de chamelle, de dromadaire, de jument, en Asie, etc. Bien qu'ils soient dissemblables par l'odeur, la couleur, le goût et la consistance, ils sont tous attaqués par les mêmes ferments, car tous sont composés des mêmes éléments, dont les proportions seules diffèrent. Dans tous, nous trouvons :

1° De l'eau;

2° Des globules de beurre[1];

3° De la caséine;

4° Du sucre;

5° Enfin divers sels minéraux.

Si le caillé est toujours le même, qu'il soit obtenu par l'intermédiaire du Micrococcus ou par l'emploi de la présure, à quoi pouvons-nous attribuer la diversité des fromages que l'on fabrique avec un même lait? — Les différences proviennent essentiellement du mode de préparation. Ainsi, lorsqu'on écrème le lait avant qu'il soit coagulé, le caillé renferme très peu de beurre et l'on a un fromage maigre comme le Camembert. Si l'on met au contraire la présure dans le lait non écrémé ou si on laisse ce dernier s'aigrir spontanément, le caillé entraîne avec lui beaucoup de beurre et le fromage est gras (fromages suisses, hollandais, anglais). Lorsque le caillé, séparé du petit-lait, est peu pressé, les fromages qui en résultent sont mous comme ceux de Brie, de Neufchâtel, de Livarot et de Pont-l'Évêque; mais si on le comprime jusqu'à le réduire en une pâte ferme, ils sont durs ; tels sont ceux de Hollande, de Chester et de Roquefort.

1. Et dans chacun des globules du beurre, trois corps gras : l'oléine, la margarine (60 pour 100), un peu de butyrine qui donne au beurre son odeur spéciale, quelques traces d'acide caprique et d'acide carbonique.

Cependant, si les divers laits et les nombreux modes de préparation fournissent des produits très variés, il est des différences qui sont entièrement l'œuvre des microscopiques. Dès l'origine, les fromages renferment des germes de toutes sortes, qui disparaissent peu à peu, soit qu'ils n'aient pas un milieu propice, soit que les espèces les plus prolifiques, et auxquelles l'aliment est le plus favorable, affament et suppriment les plus délicates et les plus lentes à se multiplier. Les murailles, les planches, les sols des laiteries abritent des ferments qui, ayant rencontré là des conditions de chaleur, de lumière, d'air et d'humidité propres à leur vie, s'y sont perpétués de temps immémorial à l'exclusion de tous autres.

Nous avons vu que M. Pasteur divise les ferments figurés en deux grandes catégories : ceux qui pour vivre prennent de l'oxygène à l'atmosphère; ceux dont la condition d'existence est précisément d'être à l'abri de l'air, et qui n'empruntent jamais d'oxygène qu'aux substances dans lesquelles ils se développent.

Les premiers qui apparaissent dans les fromages sont des ferments auxquels il faut de l'air ; ils forment à la surface de fines moisissures, moelleux petits gazons où, dans le champ du microscope, le bleu de ciel, le vert de mer, le blanc, le fauve, l'orangé se mêlent à l'envi; les pelouses de nos parcs ne nous offrent rien de comparable comme richesse de couleurs.

Lorsque les ferments aérobies ont pris à ce sol tout ce qu'il était susceptible de leur donner, ou bien quand le nouveau milieu est devenu impropre à une plus grande extension de leurs germes, d'autres ferments, ceux-ci anaérobies, leur succèdent[1]. Ils décomposent le

1. Comme tous les êtres vivants, le ferment lactique rend bientôt impropre à son existence le milieu où il vit, mais il le rend impropre très rapidement, beaucoup plus vite, par exemple, que ne le fait la levûre de bière. En effet, dans un liquide où il se trouve 14 à 15

produit de la première fermentation en éléments plus simples encore; ils y trouvent leur nourriture et pénètrent dans l'intérieur du fromage, jusqu'à ce que, ayant épuisé l'aliment qui leur convient, ou bien ayant rendu leur milieu délétère, ils disparaissent, laissant la place à d'autres qui, à leur tour, se multiplient. Pour nous, humains, le résultat est la production d'un fromage fait à point, tendre, riche en ammoniaque, parfait assemblage des qualités que réclament les gourmets.

En résumé, la maturation d'un fromage est due à une végétation continue de divers ferments qui se succèdent les uns aux autres. Dans le Camembert, le Brie, par exemple, se montre tout d'abord le *Penicillium glaucum*, qui forme la première pellicule blanchâtre de la croûte. Ce champignon, que nous connaissons comme agent d'une fermentation alcoolique, est loin d'être un microbe unicellulaire; c'est un végétal d'une organisation déjà très complexe et d'une taille relativement considérable; il atteint la hauteur d'un demi-millimètre environ. Moisissure des plus communes, on la voit encore sur le pain, les fruits, les confitures, les vieux papiers, les vieux cuirs, etc., lorsqu'ils sont exposés à l'humidité. Qu'une cellule, une spore, apportée par le vent, tombe sur l'un de ces terrains fertiles, elle en prend possession. D'abord elle s'allonge en tube, puis se cloisonne et s'accroît, se ramifie; ses branches s'enchevêtrent les unes dans les autres, s'anastomosent et constituent une sorte de feutrage, organe de végétation, qu'on signe sous le nom de *mycélium*. Bientôt, de ce mycélium ramifié s'élancent des jets arborescents dont les extrémités donnent naissance à de courts rameaux, et ceux-ci, portant chacun une file de spores,

pour 100 d'alcool, correspondant à 28 à 30 grammes de sucre décomposé, le ferment alcoolique peut encore vivre; mais 1 ou 2 pour 100 d'acide lactique suffisent pour faire périr le Micrococcus lacticus, même s'il y a encore du sucre dans le liquide.

offrent l'aspect de petits pinceaux, d'où le nom de *Penicillium* (fig. 34).

Les spores, de couleur verte, glauque (*glaucum*),

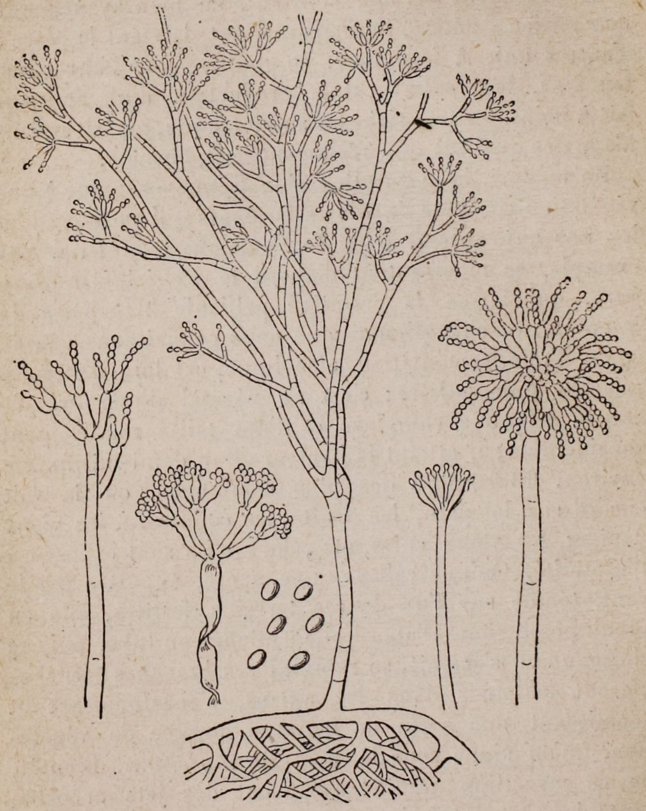


Fig. 34. — Penicillium glaucum.

deviennent vert sombre, et puis jaunes, et puis brunes ; elles se détachent enfin et tombent en fine poussière de semences innombrables (fig. 35)[1].

1. Le *Penicillium glaucum* possède un second mode de fructifi-

Lorsqu'on retourne souvent les fromages sur lesquels végète le *Penicillium*, et c'est ainsi qu'on agit pour le Brie et le Camembert, on empêche toute fructification de s'accomplir. Le mycélium pousse alors seul et sécrète de la *caséase*, qui opère la fermentation *caséique*.

Au fur et à mesure que s'accomplit la transformation de la caséine coagulée en caséine soluble, la partie

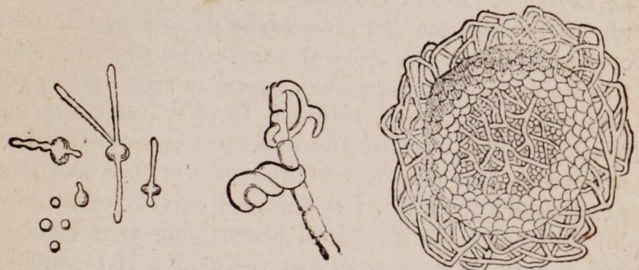


Fig. 35. — Spores. Fig. 36. — Fructification. Fig. 37. — Fructification.

blanche et interne du fromage diminue, tandis que les deux couches externes jaunâtres s'épaississent, en s'avançant l'une vers l'autre. Si l'on met le fromage sous cloche, la chaleur et l'humidité obtenues, par ce procédé, accélèrent la fermentation, la maturation.

Le Roquefort, lui aussi, est envahi par le Penicillium glaucum ; mais ce qui caractérise sa préparation, c'est

cation : de son *mycélium* s'élèvent en spirales deux petites branches extrêmement fines (fig. 36). D'autres filaments, nés du même *mycélium*, viennent recouvrir et englober ces deux spires. Celles-ci bourgeonnent alors, se ramifient, et de leurs dernières branches sortent des cellules nommées *asques* dont chacune contient 8 spores (fig. 37). A la maturité, asques et spores sont mis en liberté par la résorption des tissus d'alentour. Les spores du *Penicillium* sont ovales. Sur une zone circulaire, la membrane reste mince, tandis que les deux sections ainsi séparées s'épaississent et prennent l'aspect de petites calottes. A travers l'espace compris entre celles-ci, s'allonge un tube (tube germinatif) destiné à reproduire un nouveau *mycélium*. (Voir les Travaux de M. Brefeld.)

l'introduction du champignon dans toute la masse. Afin que ce ferment aérobie puisse envahir l'intérieur, on perce la pâte de trous dans lesquels l'air circule. Dans ce but, on se sert de plateaux garnis d'aiguilles qu'il suffit d'abaisser sur les fromages pour que ceux-ci deviennent de véritables cribles. Ce n'est pas tout. Le Roquefort, que l'on fabrique dans les fermes du plateau de Larzac (Aveyron), est exposé dans des galeries souterraines, formées par des excavations de roches. Là, mille crevasses et fissures laissent passer des courants d'air très froids (4 ou 5 degrés au-dessus de zéro), mêlés aux vapeurs de l'eau qui suinte à travers les parois des grottes. Dans une pareille atmosphère le Penicillium est encore dans son élément, quoiqu'il préfère une température de 30° à 35°. Les humides cavernes sont pour lui un empire, où il règne d'autant plus sans conteste que peu d'autres ferments parviennent à vivre dans un milieu aussi glacial. Il est donc maître de ces antres. Les fromages semblent n'être là créés que pour lui. Il y pénètre, il s'y installe. Quels séjours succulents! S'ils ne sont point de sucre et de croquande, comme les palais féeriques des contes de notre enfance, tout y est azote et caséine. Combien moins riche était celui de Hollande, où devint pourtant « gros et gras » ce saint rat « moine ou dervis, » dont La Fontaine nous a transmis la légende levantine!

S'il les eût connus, assurément l'ermite eût choisi l'un d'eux, lorsque ce gourmet,

> . . . . . las des soins d'ici-bas,
> Se retira loin du tracas.

Quoi qu'on ait dit, ce n'est point en Hollande, mais sur des terres plus latines, que naissent les rats à qui sont prédestinés les succulents fromages.

> . . . . . Dieu prodigue ses biens
> A ceux qui font vœu d'être siens.

N'en doutons pas, le rat des fables n'était qu'un dervis.

Quant au Penicillium, bien que simple végétal, il dédaigne le Hollande ; à lui le Roquefort, à lui les grottes de Larzac !

S'il est vrai qu'une nombreuse descendance soit une bénédiction du Seigneur, ce ferment est un microbe béni. Pour lui, le disque plantureux n'est pas longtemps la solitude d'un « pauvre reclus ». Il en fait un monde. Ses abondantes végétations s'y multiplient, et bientôt ses générations

S'étendant partout à la ronde,

en immenses forêts, le vaste fromage devient une véritable terre dont il couvre la surface et emplit les profondeurs. On imagine difficilement quels superbes paysages sont là, quelles éclatantes couleurs, quelle variété de tons, quels jeux de lumière. Seul le microscope au cristallin magique peut nous faire entrevoir ces délicates beautés. La grossièreté de nos sens nous les dérobe. Il n'y a hélas! pour notre gros œil humain, dans les idéales richesses des surfaces, qu'une croûte épaisse, visqueuse, roussâtre, grise, sale, que les maritornes de nos cuisines grattent et rejettent avec dégoût. Quant aux splendeurs enfouies dans les abîmes de l'intérieur, elles nous apparaissent comme des taches cadavériques bleues ou vertes, et lorsque le fromage qu'elles marbrent arrive coupé sur nos tables, les personnes de bon ton détournent les regards et le laissent en partage aux appétits vulgaires.

Pour hâter la propagation du champignon, souvent on mêle au fromage du pain moisi, dans lequel le Penicillium abonde, ainsi que plusieurs autres mucédinées, parmi lesquelles les *Aspergillus*, dont le nom rappelle la forme d'aspersoir (fig. 38), les *Stérigmatocystis*, plantes qui offrent beaucoup d'analogie dans le port et les mœurs avec le Penicillium, qui, comme lui, s'étalent

en gazons touffus à la surface du pain ou des fruits, et dont les myceliums jouent aussi le rôle de ferments.

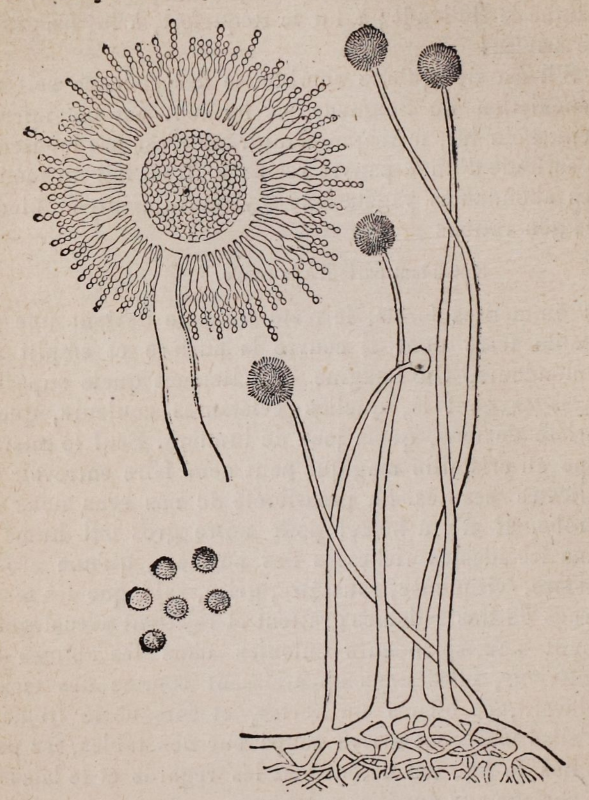


Fig. 38. — Aspergillus niger.

Le Gorgonzola qui se fabrique en Lombardie, et en général les fromages bleus sont, comme le Roquefort, ensemencés de moisissures. Il ne faut pas les confondre avec ceux dont les marbrures ne sont dues qu'à des plantes aromatiques.

D'autres fromages, tels que le Gruyère et le Parmesan,

destinés à être longtemps conservés, sont obtenus par des procédés différents. Le caillé, soumis à la cuisson, puis broyé et mis sous presse, abandonne tout le sérum qu'il retenait. Il porte, inclus dans sa masse, des germes de microbes anaérobies; mais ceux-ci ont à leur disposition très peu de l'eau dont ils sont si avides ; la pâte cuite est très compacte, et le sel dont on l'a mélangée est un obstacle à la multiplication des champignons, dont la présence ne se manifeste alors que très lentement. Cependant ils sécrètent des diastases qui, peu à peu, rendent la caséine soluble, la jaunissent, et produisent des gaz qui, emprisonnés dans la pâte, la boursouflent et lui donnent ses yeux.

Tous les fromages subissent donc avec le temps des modifications qui font chacun d'eux très différent de lui-même, à des époques plus ou moins éloignées de sa fabrication. On dit alors que le fromage se fait. Ces changements, nous venons de le voir, sont dus à des fermentations qui dégagent des gaz, particulièrement de l'ammoniaque, lequel désagrège la pâte et lui communique la saveur forte si appréciée des amateurs.

Le dessert est servi,

s'écrie Berchoux,

. . . . . . Quel brillant étalage !
On a senti de loin cet énorme fromage
Qui doit tout son mérite aux outrages du temps.

O poète ! ce que tu nommes les outrages du temps, c'est le travail de la nature, c'est l'œuvre de vie, l'incessant mouvement de production des êtres.

D'autres méconnaissent le précieux aliment jusqu'à dire *manger du fromage*, pour signifier être mécontent. Singulière image! Nous la trouvons dans une épigramme à double pointe lancée, en 1814, contre Cambacérès déchu de sa puissance :

Le duc de Parme déménage,
Plus d'hôtel, plus de courtisan,
Monseigneur mange du fromage,
Mais ce n'est plus du Parmesan.

Calomnie! Parler ainsi du fromage, si utile par la facilité avec laquelle il se transporte et se conserve, si riche en azote qu'il peut presque remplacer la viande, dans l'alimentation. De combien de pauvres paysans n'est-il pas la principale nourriture, pour quelques-uns la seule même ?

C'était en Suisse. Nous voyagions à pied. Partis de grand matin de l'hôtel du Grimsel, situé aux sources de l'Aar, nous côtoyions la rivière qui sort du glacier dont elle porte le nom et qui n'est encore là qu'un mince ruisselet. A ces hauteurs ne s'offrent aux regards que des rochers tapissés de lichens, superbes, froids, tristes, et, entrevus par échappées, les hauts sommets de l'Oberland, avec leurs névés et leurs champs de glace. De temps à autre, l'Aar s'égarait dans des excavations, et nous suivions ses bords à travers des passages étroits, où notre horizon se resserrait entre des murailles de calcaire ou de granit. De distance en distance, les écoulements des ravins grossissaient le petit ruisseau. Devenu torrent, il s'élançait de précipice en précipice, et ses eaux, glissant sur les larges assises de pierre, s'étalaient en nappes transparentes comme du cristal, s'arrondissaient, tombaient et rebondissaient furieuses, écumantes, pulvérisées, blanchies, faisant entendre au loin leur voix mugissante.

Puis le paysage apparaissait moins sauvage; les pentes étaient moins abruptes, les rives moins escarpées; la gorge s'entr'ouvrait, le torrent élargissait son lit; il s'apaisait, prenait des airs de rivière et coulait calme et bleu, jusqu'à ce que, rencontrant de nouveaux obstacles, gêné par les éboulis, il s'encaissât encore et reparût impétueux et grondant. Au-dessus, les masses

III



rocheuses s'élevaient nues et arides, dessinant sur le ciel, en grandes et fermes lignes, leurs arêtes brisées, puis s'abaissaient en s'éloignant, et confondaient avec la brume, dans le vague des lointains, leurs tons indécis et leurs teintes grises. A mesure que nous descendions, leur base se couvrait de terre végétale, des arbres se montrent, de rares sapins, quelques mélèzes, des genévriers, des bouleaux, des hêtres, marquaient les différences d'altitude. Les maigres gazons des sommets se transformaient en pelouses, s'étendaient en prairies ; la montagne se revêtait de forêts, et sous les rayons ardents du soleil, l'air, s'imprégnant d'odeurs résineuses, devenait moelleux et parfumé. Une émotion singulière, un sentiment indicible, un bien-être, une aise inexprimable s'emparaient de nous, au milieu de cette nature alpestre. Seules quelques chèvres broutaient çà et là.

Nous nous serions volontiers oubliés dans cette solitude.

Mais la voix qui a dit au Juif errant : « Tu marcheras toujours, » est sans pitié pour les touristes. Soudain nous changeâmes d'allure et de ton, et joyeusement, le sac au dos, le bâton en main, nous nous remîmes en route.

Nous arrivâmes ainsi, après plusieurs heures de marche, à la cascade de la Handeck. Tout près s'élève, au milieu des sapins, un joli chalet qui, dans les *Guides*, porte le nom d'auberge.

L'impression produite par la grandeur des paysages que nous venions de traverser ne nous avait pas empêchés de sentir l'aiguillon de la faim. Notre appétit se trouvait au contraire fort excité par l'exercice et l'air oxygéné des montagnes.

Et d'ailleurs, nous approchions de ces régions prosaïques — mais non toujours désagréables — à l'heure du déjeuner, — où il y a des hommes, des troupeaux et des tables bien servies.

Nous étions donc entrés, et nous avions demandé à l'aubergiste de nous servir ce qu'il avait.

Et d'abord nous bûmes. Et quelle eau ! Combien supérieure au vin de Bercy, même depuis l'analyse du Laboratoire ! Ce sont des chimistes parisiens qui ont déclaré que l'eau est un liquide incolore et insipide, sans doute pour ne pas avouer que celle de leurs fontaines a médiocre aspect et mauvais goût. Mais celle-ci, qu'elle est claire, fraîche, limpide, légère, transparente, belle à regarder ! Elle est si délicieuse, d'un goût si parfait ! Rien de commun entre les deux liquides, il faudra chercher de nouvelles formules pour les différencier.

Cependant un énorme morceau de fromage, que sa taille faisait ressembler à un bloc détaché de la roche, une bouteille de vin, des assiettes, des couteaux et des verres furent bientôt sur la table. Nous nous approchâmes et nous attendions. Impatient, l'un de nous appela le montagnard : « Et le pain ? lui dit-il. — Il n'y en a pas. Il faut huit heures pour aller à Mœringen, qui est la ville la plus proche où l'on s'en procure. Sur nos rochers, il ne pousse ni froment, ni seigle, ni avoine. — Et vous vivez ainsi toute l'année avec du fromage et du vin ? — Pardon, nous ne buvons pas de vin; celui que nous transportons ici est pour les voyageurs qui visitent nos montagnes. »

Vivre exclusivement de fromage, toute une année, toujours !... Nous étions stupéfaits. Pour des Français, mieux vaudrait être au pain et à l'eau.

La nourriture du paysan des Alpes était frugale, certes, et pourtant elle était suffisante. Nous savons que le lait renferme tous les éléments nécessaires à la nutrition de l'homme et des animaux; les tout jeunes enfants n'ont pas d'autre aliment, et il satisfait à leur accroissement; il peut soutenir longtemps des malades auxquels un estomac fatigué ne permet ni viande ni végétal.

Pour qu'il contienne les substances indispensables à l'entretien de la vie, il manque, il est vrai, le petit-lait

au fromage ; mais le sel et les minéraux dissous dans les eaux qui descendent des roches y suppléent. Le lait de chèvre fournit aussi un appoint précieux. J'ai ouï dire plus tard par un habitant de ces régions qu'on y fait cuire de temps en temps du pain qui devient très dur et qu'on brise à coups de hache. Il n'en est pas moins certain qu'un grand nombre de pauvres montagnards, voisins des glaciers, n'ont jamais de repas plus variés que celui dont nous dûmes nous contenter. Pline rapporte que Zoroastre vécut de fromage pendant vingt ans.

Le fromage possède un avantage sur nos autres aliments : nous avons vu que les ferments, et spécialement la *diastase digestive* ou *caséase*, qu'ils sécrètent, changent la caséine en un produit exactement semblable à celui qui résulte de l'action du suc pancréatique sur les matières azotées dans notre estomac, c'est-à-dire en font une substance tout à fait soluble et assimilable. La diastase du ferment peut donc suppléer le suc pancréatique dans notre intestin. Or des quantités de microbes sont restés enfermés dans la pâte du fromage.

Ainsi, avec cet aliment, nous introduisons dans notre tube digestif les ferments qui ont été les agents de transformation des éléments albuminoïdes du lait, et qui sont aptes à opérer de même sur le bol alimentaire. Si, après un dîner plus abondant que de coutume, notre digestion est rendue difficile par suite de l'épuisement de nos sécrétions glandulaires, l'intervention des microbes devient un secours puissant. L'usage de terminer nos repas avec du fromage est donc sanctionné par la science ; c'est de l'excellente hygiène.

Nous ne savons à quelle époque il remonte. Toutefois le fromage ne paraît pas avoir été connu dans des temps bien reculés : le beurre et les liqueurs lactées semblent l'avoir précédé de beaucoup dans la série des conquêtes

culinaires. « Il est singulier, écrit Pline, que les nations barbares qui vivent de lait ignorent ou méprisent depuis tant de siècles le mérite du fromage ; cependant, elles connaissent l'art de faire avec le lait une boisson d'une acidité agréable et un beurre gras. »

Bien que le Micrococcus lacticus, très différent en ceci du Saccharomyces cerevisiæ, ait une préférence marquée pour le sucre de lait, il s'accommode de tous les autres, s'en nourrit, les décompose. La fermentation lactique ne s'effectue donc pas seulement dans le lait. Elle s'opère encore, en très petite quantité, il est vrai, dans les cuves de vendange, au moment où la plus grande partie du sucre du raisin devient de l'alcool et de l'acide carbonique. Elle envahit très facilement le moût d'orge et la bière, que son peu d'acidité expose particulièrement à cette sorte de fermentation ; nous l'avons vue intervenir dans la fabrication du pain, particulièrement dans celle du pain bis et surtout du pain noir. On trouve, en effet, plus ou moins d'acide lactique dans le levain des boulangers. On rencontre encore ce même acide dans le jus de betterave qui aigrit, dans le riz, dans la choucroute, dans les lentilles, les pois, les fèves, les haricots bouillis abandonnés à l'humidité. Les graines de ces légumineuses renferment un principe dont les propriétés sont analogues à celles de la caséine du lait. Lorsque ce principe est en suspension dans l'eau, il peut être précipité par des acides ; on le désigne sous le nom de *caséine végétale.*

Selon une relation d'Itier, les Chinois fabriquent un véritable fromage avec cette caséine ; ils réduisent des pois, par la cuisson, en une bouillie qu'ils passent et font coaguler ; le caillé est ensuite égoutté et pressé dans des meules où il prend l'aspect, le goût et l'odeur du fromage animal.

Dans toutes ces substances, l'acide lactique est-il pro-

duit par le dédoublement du sucre sous l'influence de la levûre lactique? — C'est à M. Pasteur qu'il appartient de répondre : « De même, dit-il, qu'il existe un ferment alcoolique, la levûre de bière, partout où il y a du sucre qui se dédouble en alcool et acide carbonique, de même il y a un ferment particulier, une levûre lactique toujours présente, quand du sucre devient acide lactique; et si toute matière plastique azotée peut transformer le sucre en cet acide, c'est qu'elle est, pour le développement de ce ferment, un aliment convenable[1]. »

La levûre lactique ne dédouble pas seulement le sucre; mais comme tous les ferments aérobies, elle prive totalement d'oxygène les liquides où elle vit; elle les prépare ainsi à l'invasion des ferments anaérobies. Nous avons déjà constaté la présence de quelques-uns de ceux-ci dans les vins malades et dans les fromages; nous allons retrouver dans les routoirs un de ces travailleurs sur qui l'air semble avoir une influence mortelle.

1. M. Pasteur, *Mémoire sur la fermentation lactique.* (*Compt. rendus de l'Ac. des sc. de Paris*, 1857, p. 214.)

CHAPITRE XI

FERMENTATIONS PUTRIDES

FERMENTATION BUTYRIQUE (*BACILLUS AMYLOBACTER*)

ROUISSAGE

Rouissage. — Fibres textiles. — *Bacillus Amylobacter*. — Cellulose. — Décomposition de la cellulose. — Glucose. — Fermentation butyrique. — Diverses plantes textiles. — Tillage. — Extraction de la fécule de pomme de terre par le bacillus. — Transformation et reproduction de l'*Amylobacter*. — *Bacillus subtilis*. — Rôle de l'*Amylobacter* dans la nature. — Fermentations putrides. — Assainissement du globe par les ferments putrides. — Cycle des transformations de la matière.

Lorsque le lin aux mignonnes fleurettes bleues et le chanvre au parfum enivrant ont atteint toute leur croissance, avant que la maturité leur ait permis de livrer leurs douces graines oléagineuses d'abord aux petits oiseaux, puis à l'homme, leurs tiges arrachées sont plongées dans des ruisseaux ou des mares. Là s'opère ce qu'on appelle le *rouissage*. Quand on les retire après huit ou quinze jours, la plante est pour ainsi dire transformée. Un phénomène important s'est produit : les fibres textiles, qui étaient intimement unies entre elles, ont perdu toute adhérence, elles se sont disjointes les unes des autres, et détachées des tissus auxquels elles étaient associées. Ainsi préparées, puis séchées au soleil, il est facile de les enlever à la tige. Elles sont alors livrées à l'industrie,

qui les utilise pour mille usages divers. On en fabrique des fils, des cordes, des toiles, des dentelles et maintes étoffes moelleuses. Là même ne s'arrêtent pas leurs méta-



Fig. 39. — Le lin.

morphoses. Après que de longs services ont mis les tissus qu'elles composent hors d'emploi, elles vont s'entasser dans la hotte du chiffonnier, et bientôt nous les retrouvons dans la grande manufacture où, déchiquetées sur des peignes de fer, lavées, broyées, triturées, réduites en une

pâte molle et souple qui sous les cylindres s'aplanit, s'amincit et s'affine, elles deviennent blanches feuilles de papier. Après nous avoir vêtus, elles portent notre pensée.



Fig. 40. — Le chanvre et ses fleurs.

Quel poète chantera leur odyssée? Jusqu'à l'avènement de la machine, voiles superbes et cordages solides, plus puissantes que la rame, ce sont elles qui, au souffle des vents, emportaient les hardis navires à travers les océans; guidées par la boussole, elles ont conduit Colomb vers

les mondes nouveaux. Gutenberg, triomphant pour toujours de l'oubli, a changé la face du monde : elles sont un instrument de cette rénovation. Hier, Raphaël leur confiait l'idéale et vivante beauté de l'art renaissant; aujourd'hui, elles recueillent ce que dit, au génie de Corneille, l'âme des héros, et le bon sens à l'esprit de Voltaire. Elles reçoivent et conservent dans les savantes bibliothèques les décrets de la science, l'œuvre du cerveau humain, l'expérience des siècles. Livres, lettres et journaux que la vapeur entraîne, elles transmettent sur tous les points du globe les nouvelles, les découvertes, l'expression des sentiments intimes, l'annonce des événements publics; elles échangent les idées entre les peuples et nouent leurs relations commerciales; elles sont le grand agent de la civilisation, les messagères entre les hommes, et chaque nation affecte à leur service une armée d'administrateurs. Le coton, le bois, la paille les imitent, les aident, mais ne les remplacent pas; elles ont gardé toute leur supériorité.

Que sont ces fibres auxquelles nous devons tant d'industries et de richesses, tant de progrès, tant de services? Comment leur séjour dans l'eau a-t-il favorisé leur mise en liberté? Que s'est-il passé?

Nous savons que les plantes sont composées de cellules juxtaposées les unes aux autres, comme les alvéoles d'un rayon de miel; mais les cellules végétales ne sont point toutes semblables, et elles appartiennent à des tissus de nature et de fonctions diverses.

Dans les tiges, par exemple, il y a, au centre, des cellules molles, c'est la *moelle;* autour de celle-ci, un anneau de cellules plus pressées les unes contre les autres et à parois plus denses, c'est le *bois;* enfin autour du bois, des cellules, différentes encore, c'est l'*écorce* (fig. 41 et 42).

A cette dernière se rattachent les cellules, qui ont toute

l'importance dans l'opération industrielle qui nous intéresse. Elles offrent l'aspect de petits fuseaux accolés les

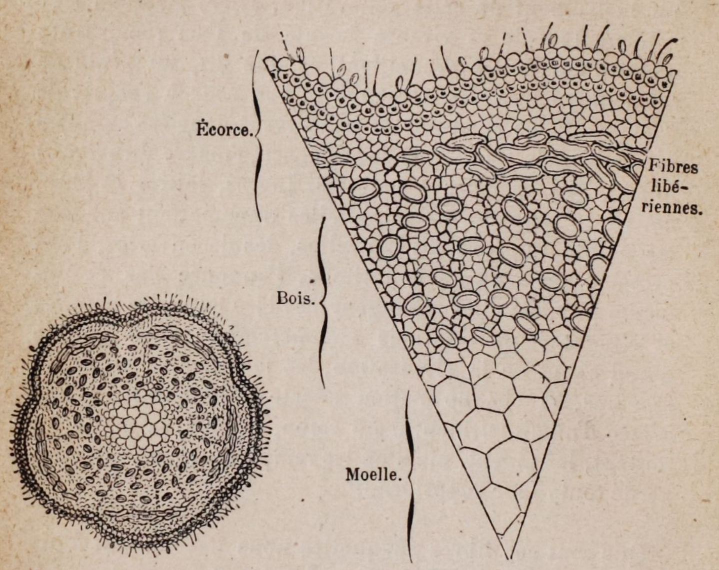


Fig. 41. — Coupe transversale d'une tige de chanvre.

Fig. 42. — Section d'une tige de chanvre.

uns aux autres (fig. 43). Leurs extrémités pénètrent très exactement dans les intervalles que leur groupement ménage entre elles, et cette disposition assure la solidité de leur union. Elles deviennent ainsi les éléments de cordons ténus et consistants que nous appelons des *fibres* (fig. 44).

Deux autres sortes de cellules leur sont associées : les unes, cylindriques, constituent, par leur superposition, les *vaisseaux* dans lesquels circule la sève; les autres, polygonales, forment un tissu mou, *conjonctif*. Celui-ci, s'introduisant entre les *fibres*, les lie entre elles, pénètre entre les vaisseaux, qu'il unit également, enfin entoure les uns et les autres, et les englobe comme dans une

gangue. De l'assemblage des fibres, des vaisseaux et du tissu conjonctif résulte ainsi, dans la partie interne de



Fig. 43. — Cellules fibreuses.

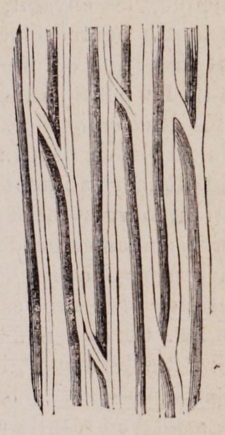


Fig. 44. — Fibres.

l'écorce, une couche lamelleuse, à la fois souple et résistante, à laquelle les botanistes ont donné le nom de *liber*[1].

Eh bien, la disjonction des *fibres libériennes* par le rouissage n'est pas chose aussi simple qu'on pourrait le croire, et elle ne s'effectue point toute seule; c'est un travail savamment accompli, l'œuvre mystérieuse d'un artisan resté longtemps inconnu, et ce producteur est encore un ferment : il se nomme *Bacillus Amylobacter*.

1. Dans le chanvre, les fibres du liber sont disposées en groupes qui présentent, aux rainures de la tige, des solutions de continuité, lesquelles, remplies par le tissu conjonctif, déterminent, après le rouissage, la largeur des lamelles tillées.

Il est là, dans le routoir; il s'y développe en colonies innombrables et travaille sans répit; il subit la grande loi qui régit tous les êtres, de l'homme au microbe. A peine né, il commence son labeur, qui ne cessera plus. Pour vivre, il lui faut du glucose, et c'est aux membranes végétales, toutes faites de cellulose, qu'il l'emprunte. Il les attaque, les envahit, les pénètre, les absorbe; non point toutes heureusement, car il aurait promptement détruit la plante entière. Il y a cellulose et cellulose[1], paraît-il. Le petit ferment, chimiste habile, sait distinguer les deux substances; il prend celle qui, facilement transformable en dextrine[2] d'abord, puis en glucose[3], peut lui donner l'aliment qu'il recherche, et les membranes qui lui fournissent la nourriture si savamment choisie sont précisément celles du *tissu conjonctif* qui enveloppe et soude entre elles les *fibres textiles*.

Pourquoi le microbe est-il si avide de glucose? — Nous l'ignorons. Ce que nous pouvons dire, c'est que pour obtenir cette substance, le microscopique se livre à des manipulations dont nous n'avons pas encore surpris le secret, mais d'où résulte une décomposition dont les produits sont l'hydrogène, l'acide carbonique et l'acide butyrique. Ce dernier, liquide incolore, très volatil, communique à l'eau des routoirs son odeur si désagréable.

L'ensemble de ces phénomènes constitue la *fermentation* dite *butyrique*[4].

1. Plusieurs réactions le prouvent également, quoique la composition chimique soit la même ($C^{12}H^{10}O^{10}$).

2. La composition chimique de la dextrine est également $C^{12}H^{10}O^{10}$.

3. Glucose : $C^{12}H^{12}O^{12}$.

4. M. Mitscherlich, le premier, reconnut que la cellulose peut fermenter (*Monatschrichte der Berliner Ak.*, 1860).

En 1861, M. Pasteur observa, pendant la fermentation butyrique, un organisme qu'il prit pour un infusoire, et qu'il nomma *Fermentum Butyricum*, puis *Vibrion butyrique*. (Pasteur, *Compt. rend. de l'Acad. des sc.*, 1861, t. LII, p. 344.)

Quelques années après, M. Trécul remarqua que, pendant la putré-

Cette fermentation ne s'observe pas seulement dans les végétaux; on la rencontre encore dans un très grand nombre de substances[1], par exemple dans le beurre, où elle se fait aux dépens de la *butyrine*[2], d'où son nom. C'est même l'acide dégagé sous l'influence du ferment butyrique qui donne au beurre rance son odeur forte[3].

Le travail du rouissage est terminé. Le ferment a laissé intactes les membranes des cellules du bois proprement dit et des cellules fibreuses. De la sorte il nous a réservé le bois des tiges et la précieuse filasse[4].

Ainsi, l'Amylobacter accomplit avec autant de rapidité que de science, en quelques jours, la délicate opération qui nous permet d'utiliser les fibres textiles. Il vit de ce labeur fécond, et il est le premier ouvrier d'une grande

faction des tissus végétaux, il apparaît dans les cellules des plantules amylifères. Il en distinguait trois formes qu'il classait parmi les *Bactéries*, et donnait à l'une d'elles le nom d'*Amylobacter*. (Trécul, *Comptes rendus de l'Acad. des sc.*, 1865, t. LXI, p. 156, et 1867, t. LXV, p. 513.)

M. Nylander vit que les trois formes observées par M. Trécul ne sont que des manifestations diverses d'un seul genre, auquel il conserve le nom d'*Amylobacter*. (Nylander, *Bull. de la Soc. bot.*, 1865, t. XII, p. 375.)

Enfin, M. Van Tieghem étudia le rôle de ce microbe dans la putréfaction des tissus végétaux. (Sur le *Bacillus Amylobacter* et son rôle dans la putréfaction des tissus végétaux. *Bull. de la Soc. bot.*, t. XXIV, 25 mars 1877.)

$$\underset{\text{Glucose.}}{C^{12}H^{12}O^{12}} = \underset{\text{Ac. butyrique.}}{C^8H^8O^4} + \underset{\text{Ac. carbonique.}}{4CO^2} + \underset{\text{Hydrogène.}}{4H}$$

1. Dans toutes les substances susceptibles de subir la fermentation lactique, sucres et matières amylacées ; dans la glycérine, dans les acides tartrique, malique, mucique et les matières albuminoïdes.

2. Voir p. 173.

3. On peut enlever au beurre cette odeur en le pétrissant dans une eau contenant un peu de bicarbonate de soude, lequel dissout parfaitement l'acide butyrique. Lorsque celui-ci a disparu par un lavage suffisant, on pétrit le beurre à plusieurs reprises dans de l'eau fraîche, puis on le sale immédiatement.

4. Dans le chanvre, le bois auquel on a enlevé la filasse porte le nom de *chenevottes*.

industrie. Il travaille non seulement dans les végétaux dont nous venons de parler, mais encore dans une multitude d'arbres de la famille des palmiers [1], tels que les cocotiers et les dattiers; dans les bananiers, les genêts, les daphnés, les aloès, dans certaines urticées, parmi lesquelles le chu-ma des Chinois, la ramie des îles de la Sonde, etc. Il a également essayé le rouissage de l'ortie commune, du houblon, et il a fourni des fibres très utilisables.

Il exploite surtout le lin et le chanvre. L'homme reçoit du microbe les fibres toutes préparées et n'a plus qu'à procéder au *tillage*. Cette opération, simple, facile, n'est plus qu'un jeu. Lorsqu'arrivent les longues veillées de l'hiver, le soir au village, dans les granges, les paysans s'assemblent à la lueur d'une lampe fumeuse, de l'antique *crusieu*; on redit les histoires naïves du vieux temps, on raconte les légendes effrayantes des revenants, on chante, on rit... c'est presque une fête. Pendant ce temps, les doigts des tilleurs enlèvent aux tiges la filasse qui les recouvre, et celle-ci cède au moindre effort de la main qui la tire; elle ne tient plus au bois, le Bacillus a rompu les liens qui les unissaient.

Pourtant il est juste de dire combien il serait désirable que l'on pût supprimer l'intervention du Bacillus, et que cette dissociation des fibres s'effectuât autrement que par le rouissage, car l'industrie à laquelle est attaché le microbe n'est pas sans danger; les exhalaisons malsaines des routoirs peuvent occasionner des fièvres; les eaux qui en proviennent font périr le poisson des ruisseaux où elles s'écoulent.

On a tenté en France de se passer du petit producteur; il a failli perdre sa part de collaboration à l'œuvre sociale, partant sa place au banquet de la vie; comme un

1. Dans les palmiers et quelques autres arbres, ce sont les pétioles des feuilles que l'on fait rouir.

pauvre prolétaire, il s'est vu disputer l'existence par les progrès du siècle; la machine s'est efforcée de se substituer à lui; la chimie a pensé un moment qu'elle saurait le remplacer; mais il a fallu reconnaître que le fil obtenu sans sa participation ne donnait que des étoffes rugueuses ou peu résistantes.

Dans certaines parties de l'Allemagne et de la Belgique cependant, on se passe de l'aide du Bacillus; on expose simplement les plantes, sur le pré, aux actions combinées du soleil et de la rosée : cela suffit pour rendre les tiges propres au tillage; mais la toile qui en provient est, dit-on, de mauvaise qualité; au lavage, le tissu devient lâche et perd de son poids.

L'habile Amylobacter n'est pas seulement expert dans la préparation des fibres textiles; longtemps il s'est

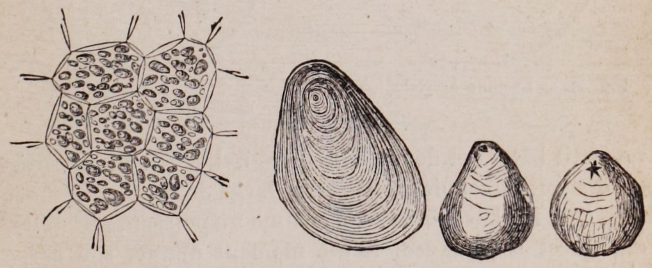


Fig. 45. — Cellules de la pomme de terre.

Fig. 46. — Grains d'amidon.

employé dans une industrie d'où l'ont chassé les progrès de la science : il travaillait à l'extraction de la fécule de pomme de terre.

Ce tubercule offre à l'examen anatomique des milliers de cellules juxtaposées les unes à côté des autres, et dont les membranes, faites de cellulose, contiennent, à l'intérieur, des grains d'amidon (fig. 45). On livrait dans l'eau des pommes de terre au ferment, et celui-ci, détruisant les membranes, mettait en liberté l'amidon, c'est-à-dire

la fécule (fig. 46)[1]. Aujourd'hui, des appareils mécaniques ont pris la place du petit ouvrier, à qui on ne confie plus, en France, d'autre rouissage que celui du lin et du chanvre[2].

Le Bacillus Amylobacter, de même que la plupart des ferments figurés, a beaucoup voyagé dans les nomenclatures des savants; les deux règnes se le sont disputé; il a été classé successivement parmi les animaux inférieurs, puis parmi les végétaux, champignons ou algues.

M. Van Tieghem le considère comme une algue[3]. C'est

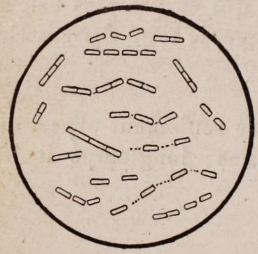


Fig. 47. — Bacillus Amylobacter.

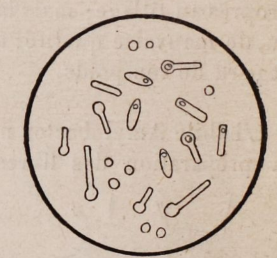


Fig. 48. — Spores de Bacillus Amylobacter.

un petit bâtonnet dénué de chlorophylle, long à peu près de dix millièmes de millimètre, large de deux millièmes (fig. 47). Il glisse dans l'eau comme un poisson, pirouette, ondule et se balance. A un moment donné, son corps s'allonge. Dès qu'il a doublé de longueur, il se divise par une cloison médiane, qui s'épaissit et devient gélatineuse.

1. Quand nous faisons cuire très longtemps des pommes de terre, nous les voyons se réduire en morceaux, en miettes ; c'est la chaleur qui, en dissolvant les membranes, rompt l'adhérence des cellules entre elles.

2. En Allemagne, l'extraction de la fécule de pomme de terre s'opère encore dans quelques usines par un véritable rouissage. (Procédé Völker.

3. Identité du *Bacillus Amylobacter* et du Vibrion butyrique de M. Pasteur, par M. Van Tieghem. (*Compt. rend. de l'Acad. des sc.*, 7 juillet 1879. t. LXXXIX, p. 5.)

Ainsi se produisent deux cellules. D'abord juxtaposées, bientôt elles se séparent. Chacune s'accroît à son tour, se cloisonne, se dédouble en de nouvelles cellules, et toujours de même, de telle sorte que, si un bacillus donne en une heure deux individus, ce qui n'est pas impossible, il y en a quatre à la seconde heure, huit à la troisième, à peu près seize millions en vingt-quatre heures, et plus de deux cent soixante-quatorze mille milliards en quarante-huit heures. On conçoit qu'il est facile à de telles légions d'infatigables travailleurs d'absorber en quelques semaines tout le glucose des champs de lin et de chènevis. Lorsque les bâtonnets se mettent en mouvement, ils traînent à l'une de leurs extrémités un mince fil gélatineux ; on voit souvent, à l'aide de ce fil, une cellule en tirer une autre après elle, celle-ci une troisième, celle-ci une quatrième, et ainsi de suite, comme des barques à la remorque.

La gélification des cloisons ne s'effectue pas toujours; dans ce cas, les bâtonnets ne se séparent pas, et ils restent, tantôt associés bout à bout, en nombre variable, tantôt unis en longs filaments onduleux.

Mais le rouissage s'achève, la nourriture s'épuise. Alors le microbe se transforme, il se renfle, soit en conservant son apparence primitive, soit en prenant celle d'un fuseau ou d'un têtard. Nous ne saurions reconnaître le Bacillus sous ces nouveaux aspects, si nous n'eussions assisté à sa métamorphose (fig. 48). A ce moment il peut, comme l'amidon, être coloré en bleu par l'iode. Il renferme donc dans son protoplasme une substance analogue, d'où son nom d'*Amylobacter*. Cette propriété de se colorer sous l'action de l'iode se perd peu à peu, et en même temps on aperçoit une petite sphère brillante dans la partie renflée de son corps. C'est une spore. La membrane qui la contient se dissout, se résorbe, et le microgerme est mis en liberté.

La conservation de l'espèce est assurée; les petits

bâtonnets ne sont plus; mais ils ont laissé après eux autant de semences, des milliards, véritable poussière que les eaux entraînent ou que le vent emporte... Plus tard, si les conditions de chaleur et de nourriture sont favorables, elles germeront, puis se développeront en bâtonnets, nouveaux petits Bacillus qui deviendront à leur tour les ancêtres de nouvelles générations. Une seule ne suffit-elle pas pour un monde?

L'oxygène de l'air, si nécessaire aux animaux et aux plantes en général, est un poison pour l'Amylobacter. Et pourtant le microbe vit dans les eaux qui en sont pénétrées; et les nuages enlèvent ses spores dans leurs vésicules aériennes, les transportent et les sèment avec les pluies jusque dans les moindres flaques où il pullule.

Un prévoyant auxiliaire pourvoit à son hygiène, et se charge d'assainir pour lui le milieu où il doit subsister. Avant que l'Amylobacter ne se montre, un de ses congénères, le *Bacillus subtilis* est venu lui préparer son séjour. Il le lui a rendu habitable; il a enlevé tout l'air dissous dans l'eau, et, non content de ce premier service, il fait de son propre corps un obstacle aux atteintes du gaz dangereux.

Tout le monde a vu sur les routoirs et les mares où se trouvent des végétaux en putréfaction une couche infiniment mince, d'aspect sinistre, qui apparaît, tant elle est ténue, comme une sorte de ternissage de la surface, à travers laquelle la lumière se décompose et donne les couleurs de l'arc-en-ciel, mais cuivrées et sans éclat. Ce sont des myriades de *Bacillus subtilis.* A l'abri de ce voile, l'Amylobacter vit, produit et prospère. Ah! ces sociétés minuscules sont savamment organisées, et l'on y découvre des solidarités admirables qui pourraient être des leçons pour les hommes!

Nous venons d'étudier l'Amylobacter dans nos routoirs. Combien plus vaste est ailleurs l'œuvre qu'il accom-

plit! Quel rôle bien autrement immense il remplit dans la nature! Il est le principal agent de destruction des végétaux. Il a charge d'une partie de la voirie terrestre. Sans lui et d'autres, non moins actifs, le globe serait encombré de débris accumulés par les siècles. Les bois, les forêts, les prairies, le chêne superbe et l'humble mousse, rien n'échappe à son action. A peine l'arbre géant ou l'infime plante ont-ils cessé de vivre, le microbe s'en empare, les envahit de ses innombrables légions, et la désorganisation commence.

Notre savante industrie moderne nous pénètre d'orgueil; mais ce n'est point une raison pour oublier les services passés et ne pas garder le souvenir des êtres qui se sont rendus utiles à l'humanité. Que de reconnaissance ne devons-nous pas au Bacillus Amylobacter! Il a été le collaborateur de nos pères, et si la machine, cette révolutionnaire, l'a remplacé dans quelques industries, il n'en est pas moins vrai que depuis la plus haute antiquité jusqu'à nos jours, il a eu le monopole du rouissage. Aux temps héroïques déjà, il préparait le fil libérateur que Thésée reçut d'Ariane, et le lin que filait Hercule aux pieds d'Omphale; hélas! aussi, la funeste tunique de Nessus!

Il avait entrepris son œuvre de déblayement du globe en des temps plus lointains encore.

Au moyen âge, il y avait des industriels, les verriers, dont personne ne contestait la noblesse; leur industrie se transmettait de père en fils; ils constataient soigneusement leur généalogie et s'appliquaient à en reculer le plus loin possible les souches. Si la haute antiquité d'une origine pouvait légitimement établir une caste et lui valoir les hommages de tous, combien l'industriel du rouissage n'y aurait-il pas de droits! combien plus que les verriers! Ce n'est pas des croisades ni des Phéniciens que date celui-là; on retrouve l'œuvre de ses ancêtres à une époque où l'homme même n'existait pas encore; il

vivait dans ces âges géologiques dont nous séparent des millions de siècles, et déjà contribuait pour sa part à nous rendre la terre habitable.

Au travers de lames transparentes taillées par M. Renault dans les silex du terrain houiller de Saint-Étienne, M. Van Tieghem a découvert dans des racines fossiles des altérations analogues à celles qui résultent aujourd'hui de l'action du ferment butyrique; il a pu voir à l'intérieur de ces organes des bâtonnets et des spores qui ont absolument l'aspect des bâtonnets et des spores du Bacillus Amylobacter. « De cette identité du phénomène ancien et du phénomène actuel, dans tous les points qui sont demeurés accessibles à l'observation, il me semble légitime, dit M. Van Tieghem, de conclure à leur complète similitude : ainsi, dans les marécages de l'époque carbonifère, comme dans nos marais actuels, les mêmes plantes subissaient, dans les mêmes régions de leurs tissus, la même dissolution, par le même agent. Alors, comme aujourd'hui, le *Bacillus Amylobacter* était le grand destructeur des organes végétaux, et la fermentation butyrique qu'il provoque dans la cellulose, comme dans toutes les autres substances dont il fait sa nourriture, se montrait l'un des phénomènes les plus généraux de la matière organisée[1]. »

Cependant l'Amylobacter est loin d'être l'unique agent de désagrégation des végétaux. Comme lui de nombreuses espèces microscopiques errent autour de la mort, et, la fouillant pour y puiser la vie, travaillent à l'incessante transformation des choses.

Dans la série graduée de leurs décompositions, les plantes peuvent s'arrêter à des degrés intermédiaires, tels que la tourbe et la lignite; mais lorsque la destruc-

1. *Compt. rend. de l'Ac. des sc.* du 27 déc. 1879, t. LXXXIX, p. 5. Sur le ferment butyrique (*Bacillus Amylobacter*) à l'époque de la houille.

tion suit son cours, les microbiens se succèdent. Ce que les uns sont impuissants à faire, d'autres ont pouvoir de l'accomplir. L'un saisit les huiles, un autre les résines, un autre les grains d'amidon, etc., à chacun son œuvre; et il faut le concours simultané ou successif de tous ces petits êtres, favorisés par les influences atmosphériques, pour mettre en liberté tous les éléments de la cellule végétale.

Il en est de même pour la dissociation des substances animales. Des ferments de toutes sortes s'y emploient. Tel le *Micrococcus Ureæ*, avec ses apparences de perles enfilées, et qui préside à la fermentation ammoniacale. C'est lui qui ramène à l'état minéral de carbonate d'ammoniaque, l'urée des liquides animaux.

Il existe ainsi des légions de microbes qui s'emparent de nos boissons, de nos fruits, de nos légumes, de nos viandes, lorsque nous les abandonnons au contact de l'air, surtout de l'air humide. Leur action est rapide. Bientôt le carbone, l'hydrogène, l'oxygène et l'azote, principes constitutifs de la matière organisée, sont rendus à l'atmosphère.

Ces décompositions sont désignées sous les noms de *fermentations putrides* ou *putréfactions*. Dans la plupart des corps, particulièrement dans ceux qui contiennent des liquides acides, ce sont des moisissures qui entreprennent l'attaque. Après celles-ci viennent d'autres végétaux plus infimes, mais non moins voraces, qui, de même que le *Bacillus subtilis*, couvrent les surfaces de véritables voiles. Alors, à la faveur de ces abris qui les protègent contre l'oxygène, apparaissent et se multiplient les vrais ferments de la putréfaction. Ils se suivent régulièrement. Chaque espèce, de poids de plus en plus faible, provoque des désorganisations spéciales, puis bientôt arrête ou suspend son action. Aussitôt une autre la remplace.

Les ferments présentent de véritables sociétés d'assis-

tance mutuelle. Leurs existences sont solidaires. Non seulement ceux de la superficie s'opposent à la pénétration de l'air; mais soit directement, soit indirectement par des sécrétions dissolvantes, ils préparent des aliments pour les habitants des profondeurs. Ceux-ci, à leur tour, dégagent des gaz qui s'élèvent jusqu'aux colonies aérobies, dont ils rendent ainsi la vie plus facile. Enfin les uns, prenant pour point de départ les matériaux élaborés par les autres, les réduisent à des composés plus simples, aussitôt assaillis par de nouveaux venus. Et ainsi, peu à peu, il ne reste plus qu'un minime résidu qui, sous l'influence d'une lente oxydation, finit par disparaître.

La vie ne s'arrête pas. Dès qu'elle a cessé dans le végétal ou dans l'animal, elle commence dans leurs cadavres. Fille de la mort, elle s'éveille là, nouvelle, active, énergique, rapide. Les groupements cellulaires d'un organisme supérieur sont dissociés, mais des milliards d'êtres inférieurs leur empruntent l'existence ; ils se multiplient dans ces dépouilles, restituant à l'air et au sol les éléments minéraux que la vie avait fixés dans les formes qu'elle abandonne.

Nous connaissons des ferments qui s'attaquent à des matières spéciales; nous les avons vus cultivés, séparés, isolés et diversement utilisés. Dans les cadavres, ces mêmes ferments abondent, unis à d'autres espèces, et tous, pêle-mêle, sans répit, naissent, pullulent travaillent, choisissant, chacun pour l'œuvre de rénovation qu'il accomplit, la substance qui lui convient. Leurs actions s'associent, s'entr'aident, se suppléent, se confondent. L'oxydation et la fermentation se commandent, se déduisent, s'activent tour à tour. Déjà les tissus sont en putrilage, en bouillie, et leur disparition sera bientôt complète.

Un corps absolument desséché ne se prête point à l'envahissement des cellules. Il ne peut être détruit que par l'intervention des forces physiques. Il se disperse alors en poussières, qui trouvent dans l'atmosphère ou dans le sol

l'humidité nécessaire aux fermentations. Toujours les liquides sont le point de départ de la putréfaction. Tantôt la vie microbienne débute à la surface : ce sont les aérobies qui se montrent les premiers; tantôt elle se manifeste à l'intérieur même du cadavre : ce sont les anaérobies.

S'agit-il d'une plante ? On voit se développer au contact de l'air les Mucédinées : Mucors, Aspergillus, Penicilliums, etc. Agents de combustion par excellence, elles produisent de l'acide carbonique qui s'échappe, et de l'eau qui, pénétrant les parties solides, permet l'éclosion des germes et la propagation des ferments dans toute la masse. Alors interviennent les Infusoires, les Monades, les Saccharomyces, les Bactéries, les Micrococcus, les Spirillums, etc., et, avec eux, des fermentations de toutes sortes[1].

1. L'Amylobacter s'empare de la cellulose, la transforme, ainsi que nous venons de le voir, en glucose, puis en hydrogène, acide carbonique et acide butyrique. D'autres espèces l'aident dans son œuvre, et, que la cellulose appartienne à la graine, à la feuille ou au tronc d'arbre, elle a toujours quelque ferment, quelque diastase qui la dissout.

En même temps, les Saccharomyces décomposent les matières hydrocarbonées d'autant plus rapidement que la température est plus favorable. A 15° ou 20°, ils déploient toute leur activité. Une moitié de la substance atteinte est changée en acide carbonique qui retourne à l'atmosphère; l'autre, en alcool, qui, uni à des produits d'élimination : leucine, tyrosine, acides gras, se mélange avec les liquides. Dès que ceux-ci en contiennent 17 à 18 pour 100, ils deviennent impropres à la vie des Saccharomyces, qui alors donnent naissance à des spores et disparaissent.

La production de l'alcool est le terme ultime de l'action anaérobie. La substance hydrocarbonée n'est point encore arrivée à sa destruction, et ce sont des ferments aérobies qui vont l'achever. Le *Mycoderma vini* prend une partie de l'alcool, l'oxyde et le change en eau et acide carbonique. Le *Micrococcus aceti* opère plus lentement ; il impose à l'alcool une double transformation : il en fait de l'acide acétique, qu'il réduit ensuite en eau et acide carbonique, quelquefois même en aldéhyde à odeur si désagréable. Alors les conditions d'existence étant redevenues, par l'oxydation de l'alcool, favorables aux Saccharomyces, les spores déposées se développent et la même série

Bientôt de la plante il n'y a plus trace. Ce qui fut un végétal est redevenu de l'eau qui s'écoule dans le sol, emportant les débris minéraux ; de l'acide carbonique, repris par l'atmosphère, et les germes de quelques milliards d'invisibles microbes.

Bien autrement compliquée est la putréfaction des substances animales. Quelquefois cependant, dans certaines conditions de sécheresse de l'air, il s'accomplit simplement une combustion superficielle, une sorte de dessiccation, sous l'action des moisissures. Mais, le plus souvent, les phénomènes sont très complexes.

Quand la fermentation atteint un lambeau musculaire c'est, en général, la surface qui tout d'abord est envahie.

Dans la désorganisation cadavérique, le canal intestinal est ordinairement le siège des premières décompositions. Les germes qui, pendant la vie, y sont toujours en abondance, se trouvent après la mort en présence de cellules dont l'activité physiologique est éteinte, et qui, par conséquent, n'opposent aucune réaction. Le milieu est pro-

d'opérations recommence. Ainsi s'accomplit la disparition des substances carbonées, quand les corps en décomposition présentent un milieu acide.

Si, au contraire, la présence de sels de chaux, carbonates ou phosphates, en si grande quantité dans les organismes vivants, rend le milieu neutre, le développement des Saccharomyces est secondaire, et c'est un Micrococcus qui a l'action prépondérante. De même que les autres il attaque les sucres il leur fait subir un dédoublement que nous connaissons, et dont le résultat est la formation de l'acide lactique, qui se combine aussitôt avec les sels de chaux pour donner un lactate et de l'acide carbonique. Le liquide est devenu acide, et le Micrococcus ne peut pas plus y vivre que le Saccharomyces dans l'alcool. Mais il a consommé l'oxygène du liquide, et un nouveau ferment, celui-ci anaérobie, vient achever le travail commencé : c'est le *Ferment butyrique.* La fermentation est active; le lactate de chaux est réduit. De l'acide carbonique et de l'hydrogène se dégagent, et ce dernier gaz, en se combinant avec des matières phosphorées ou sulfurées, produit les odeurs nauséabondes caractéristiques de la putréfaction. Il reste du butyrate de chaux, que les aérobies finissent par brûler.

pice au développement des microbes. Rapidement multipliés, les infatigables destructeurs pénètrent à travers les parois imbibées de liquides, se glissent entre les interstices des muscles, dans les capillaires, dans les conduits des glandes, dans les canaux lymphatiques. Ils sécrètent des diastases qui dissolvent les substances solides de la chair. Une sorte de *deliquium* se forme, qui s'écoule dans les trouées ouvertes de toutes parts, et les ferments sont au milieu d'une masse pâteuse, semi-fluide, glaireuse, faite du mélange de leurs cellules vivantes avec les matériaux désagrégés des tissus. En même temps des gaz se sont dégagés. Ils gagnent la surface, soulèvent la peau, qui cède, se déchire, et les aérobies qui la recouvrent unissent leur action à celle des ferments des profondeurs. Les uns attaquent la caséine, d'autres la fibrine ; toute substance albuminoïde a un microbe spécial qui s'empare d'elle, la dissout par quelque diastase, la dédouble[1].

Tous les produits de désassimilation, tous les degrés d'oxydation et de décomposition des substances azotées se retrouvent ici. Peu à peu, tout ce qui était matière or-

1. L'hydrogène dégagé, se combinant avec les produits sulfurés ou phosphorés, donne des composés à odeurs putrides, ou bien encore, s'unissant à du carbone, à de l'ammoniaque et autres produits de décomposition, forme des alcaloïdes dont les propriétés toxiques sont extrêmement énergiques. Ce sont ces substances, connues sous le nom de *ptomaïnes*, qui rendent si dangereuse l'ingestion de certaines viandes altérées, de la charcuterie notamment, lorsqu'elle n'est pas suffisamment fraîche. Quelques-uns de ces alcaloïdes se manifestent même pendant la vie. On conçoit combien il importe d'en faciliter l'élimination et la combustion par le mouvement, l'aération, et toutes les pratiques de l'hygiène.

Tous les ferments, même ceux que nous avons vus se livrer à la décomposition des substances hydrocarbonées, peuvent agir sur les matières azotées ; mais il en est dont l'action se porte exclusivement sur celles-ci. M. Duchaux en a particulièrement étudié, dans la putréfaction du lait, une huitaine d'espèces, qu'il a appelées *Filament coudé*, *Filament granuleux*, *Filament effilé*, *Vibrion chaînette*, *V. massue*, *V. claviforme* et *V. filiforme*. « Il y en a, dit-il, plusieurs centaines dans le monde des Vibrions seulement. »

ganique devient soluble, se change en eau, s'exhale en gaz acide carbonique, hydrogène carboné, ammoniaque[1], etc.

Comme de la plante morte, du cadavre animal, rien ne subsiste, les résidus minéraux sont entraînés par les eaux, et bientôt absorbés par les racines des végétaux[2]; les éléments gazeux, restitués à l'atmosphère, sont repris à leur tour et fixés, par les phénomènes de respiration et de nutrition, dans les tissus vivants.

C'est donc par l'intervention des ferments de la putréfaction qu'est activée, à la surface du globe, la disparition des dépouilles de tout ce qui a cessé de vivre. Sans ces microbes, les actions météorologiques seraient insuffisantes et les cadavres, seulement désagrégés, s'accumuleraient indéfiniment. Le perpétuel mouvement qui anime les corps simples serait suspendu. L'imagination se re-

1. La destruction des matières albuminoïdes, faite ainsi par voie d'oxydation et de fermentation, présente des produits à tous les degrés de décomposition, tous plus ou moins solubles dans l'eau : leucine, tyrosine, urée, puis les sels ammoniacaux à acides organiques, oxalate, acétale, butyrate, propionate, valérianate d'ammoniaque, etc. Le dernier terme est le carbonate d'ammoniaque, qui finit par être décomposé en eau, acide carbonique et ammoniaque.

2. Dans les premiers moments qui suivent la mort, les cellules dans lesquelles ont cessé les phénomènes vitaux d'assimilation, de nutrition, etc., continuent à vivre individuellement, et il se produit des phénomènes physico-chimiques qui sont comme un premier degré de décomposition, mais non de putréfaction. Quand une pièce de gibier, exactement recouverte de son poil ou de ses plumes, quand de la viande de boucherie préservée contre l'atteinte des microbes, sont conservées quelque temps, il s'opère des réactions spéciales entre les solides et les liquides. Il ne faut pas confondre avec la corruption cet état de la chair faisandée.

De même la gangrène est une mortification, mais non la putréfaction de certaines parties des organes d'un animal vivant. Elle est le résultat des réactions exclusivement physico-chimiques, dans les cellules des tissus qui ne participent plus à la nutrition générale.

C'est une des principales causes des propriétés fertilisantes des eaux. On sait qu'une plante semée dans du sable calciné se développe en l'absence de toute terre, à condition qu'elle soit arrosée suffisamment. L'engrais, qu'on ajoute au sol, est une accumulation de ces substances nutritives.

froidit à la pensée de ce que deviendrait notre globe. Après une certaine période de siècles, tout le carbone, tout l'hydrogène, tout l'oxygène et tout l'azote qui constituent les composés quaternaires, étant fixés dans des cellules désormais inertes, seraient consommés; la vie, ne trouvant plus de quoi s'alimenter, s'éteindrait, et la surface du sol ne présenterait plus qu'un monceau de détritus, un gigantesque amas de débris. On peut dire qu'alors la mort régnerait vraiment.

Les ferments sont le grand ressort de la vie. Par eux, tous les corps animaux et végétaux reviennent à l'état minéral, et leurs éléments dispersés peuvent être assimilés par d'autres végétaux ou animaux qui les ramènent dans le cycle des êtres.

Des faunes et des flores se dissipent en gaz; d'autres flores et d'autres faunes reprennent ces gaz, qui s'organisent dans de nouveaux troncs d'arbres et de nouveaux muscles. De même dans le monde sidéral, des soleils se brisent en astéroïdes, des astéroïdes se réduisent en poussières et retournent à leurs éléments premiers; puis encore, les substances cosmiques se condensent, des nébuleuses apparaissent, des étoiles s'allument dans l'immensité.

Ainsi se réalise l'unité de tout ce qui existe. Ainsi, tout se transforme, rien ne se perd, et à travers les incessantes métamorphoses de la matière, la loi seule de sa conservation reste immuable.

Ainsi, dans le temps sans limites, à travers l'espace infini, l'éternelle force de l'éternelle matière sème partout la mort aux dépens de la vie et fait surgir la vie des cendres de la mort.

Nous mourons. Mais, ô souveraine!
O mère! ô nature sereine,
O toi qu'exaltent tous nos sens,
Tu prendras nos cendres inertes
Pour en faire des forêts vertes
Et des bouquets resplendissants[1]!

1. Th. de Banville.

CHAPITRE XII

FERMENTATIONS PUTRIDES

CONSERVES ALIMENTAIRES

Utilité de mettre un frein aux destructions des ferments de la putréfaction. — Procédé d'Appert. — Températures extrêmes. — Interception de l'air et des germes par l'huile, la graisse, le beurre fondu, etc. — Manifestation vitale impossible sans eau. — Dessiccation. — Fruits confits dans le sucre. — Confitures. — Salaisons. — Fumage. — Saurage. — Conserves de fruits dans l'eau-de-vie, de légumes dans le vinaigre. — Modes d'action des antiseptiques.

Les ferments de la putréfaction, qui nous font notre place sur la terre, sont parfois aussi nos ennemis les plus dangereux. Avec leur activité incessante et leur impérieux besoin de détruire, ils s'attaquent à tout ce qui a vécu. Ils nou sdisputent notre nourriture, et les substances animales ou végétales dont nous composons nos aliments deviennent souvent leur proie.

Une armée est-elle en campagne, une caravane traverse-t-elle un désert, un navire vogue-t-il sur l'Océan, soldats, marchands, marins et savants sauront lutter contre des hommes armés, des tribus sauvages, contre des bêtes féroces, contre les vents et les rigueurs des climats ; mais comment vaincront-ils des microbes, lorsque ceux-ci, s'emparant de leurs vivres et les transformant en sub-

stances hideuses, nauséabondes, ne leur laisseront de choix qu'entre la famine et le poison[1] ?

On a fait de nombreux essais pour arriver à se préserver contre les ravages des putréfactions. Longtemps on a employé des recettes empiriques. Depuis que le véritable ennemi est connu, c'est de la science que nous attendons des armes.

Si l'art culinaire est le plus ancien de tous, parce qu'Adam naquit à jeun, au dire de Brillat-Savarin, un magistrat qui faisait plus de cuisine que d'anthropologie, l'art de conserver les aliments a pris de nos jours la plus grande importance. Les voyages fréquents, les expéditions commerciales et guerrières, les transports faciles qui nous permettent d'envoyer les produits d'un continent dans l'autre, les prévoyances de la vie domestique qui nous portent à réserver, pour les jours stériles de l'hiver, les primeurs et les fruits que le soleil a fait mûrir, enfin nos mœurs hospitalières et les exigences du luxe qui réunissent sur une même table des productions de toutes saisons et de tous pays, ont donné naissance à une industrie considérable, la préparation des *conserves alimentaires.*

Diverses pratiques sont en usage. La science nous montre dans chacune d'elles un moyen de défense opposé à l'attaque des ferments. Toutes se résument dans l'art de soustraire nos provisions aux invasions qui les menacent.

1. Rien n'est plus dangereux que de manger des aliments qui ont subi un commencement de décomposition. L'ingestion de certaines viandes, de certains poissons est particulièrement à redouter, et dans l'intérêt de l'hygiène publique on ne saurait trop surveiller les marchés. L'homme vigoureux et bien portant peut échapper à ce danger. Nous avons vu des charbonniers piémontais déterrer pour les manger, et sans en ressentir le moindre inconvénient, des animaux enfouis dans le sol par les paysans; mais, d'autre part, les cas sont fréquents de personnes qui ont péri empoisonnées par des aliments corrompus

Tout est soumis à l'art au moment où nous sommes,

dit Berchoux.

L'art de plaire vous est connu ;
Celui d'aimer . . . . vous l'avez lu;
On travaille à l'art d'être triste.
L'art de manger manquait à cette liste :
Je vous l'adresse. . . . .
Vous allez dîner en artiste,
C'est dîner très légèrement.

Ce n'est cependant pas de Berchoux que nous tenons l'art d'apprêter un dîner à Paris pour le servir en Amérique, et de mettre en quelque sorte les saisons en bouteilles.

Appert est le premier qui ait réalisé, d'une manière véritablement rationnelle ce problème jusqu'alors mal étudié. En 1804 il rendit publiques des expériences qu'il poursuivait depuis huit années. Certes, l'habile distillateur ne se douta jamais qu'il eût trouvé le secret de détruire des microbes, dont il ne soupçonnait assurément pas l'existence. Les ravageurs n'avaient encore ni nom dans les langues, ni état civil dans les académies.

Le procédé d'Appert est simple. Les légumes et les fruits sont préalablement bouillis pendant quelques minutes ; les viandes sont à moitié cuites. De la sorte, les ferments que ces substances peuvent contenir sont détruits, puisqu'ils ne résistent généralement pas à une température de 100°. Puis les conserves sont introduites dans des flacons de verre ou des boîtes de fer-blanc. On les arrose d'eau salée, de jus ou de beurre fondu, de façon à remplir à peu près, mais non exactement, les récipients, qui sont ensuite hermétiquement fermés et soumis à une chaleur intense, dans un bain marie, durant un temps plus ou moins long. Cette seconde opération a pour résultat de tuer les germes qui pourraient avoir

pénétré avec l'air ou qui existeraient dans l'eau, le jus ou le beurre. Les aliments se maintiennent ainsi pendant plusieurs années sans la moindre altération.

Un morceau de bœuf, préparé d'après la méthode d'Appert, fut profondément enterré au Spitzberg en 1804, par le navigateur Parry. Cinquante ans après, on l'exhuma, et il figura dans un banquet donné à Tromsoë, en Norvège. Les convives le déclarèrent excellent. Il est vrai que, dans cette circonstance, les glaces du Spitzberg avaient pu contribuer au succès de l'expérience. En effet, un froid excessif, aussi bien qu'une température très élevée, s'oppose au développement des microgermes. Qui n'a entendu parler des mammouths et des éléphants trouvés sur les bords de la Léna et de l'océan Glacial, des centaines de siècles après leur mort, et présentant le même aspect que s'ils y avaient été ensevelis la veille?

Celui qui, étranger au pays, passe l'hiver dans le nord de la Russie, est surpris de voir combien de substances alimentaires, que chez nous on consomme au jour le jour, se gardent des mois entiers, grâce à la rigueur du climat, sans que leur fraîcheur ni leur goût en soient modifiés.

A Saint-Pétersbourg, on enfouit dans de la glace des gelinottes, des coqs de bruyère et autres gibiers, qu'on y laisse jusqu'à une époque très avancée de la saison.

Depuis quelques années, on a essayé d'importer d'Australie et d'Amérique en Europe certaines denrées protégées par le froid contre toute atteinte des ferments. En 1875, une cargaison arrivait ainsi de Melbourne à Londres; en 1877, le *Frigorifique* apportait de Buenos-Ayres au Havre un chargement de viandes qui ont été vendues à Paris et qui étaient en assez bon état. Jusqu'à présent, les expéditions les plus importantes en ce genre ont été celles de New-York à Liverpool[1].

1. Les viandes destinées au transport sont entreposées, en attendant leur embarquement, dans des magasins où la température est maintenue à 4 degrés au-dessous de zéro. Dans le navire, on les reçoit dans

La réfrigération a-t-elle pour conséquence de tuer les microbes?

En 1879 M. Pasteur a soumis une bactérie, le Bacillus anthracis[1], à une température de 17 degrés au-dessous de zéro, et le petit organisme y a résisté. Le froid paraît donc interrompre le développement des microscopiques, suspendre leur vie, mais ne pas les détruire.

On peut encore mettre les légumes et les viandes à l'abri des ferments et les préserver en les recouvrant d'huile, de graisse, de beurre, de paraffine, d'enduits gélatineux, etc. Ces corps, liquides ou très malléables, permettent de remplir les récipients aussi complètement que possible, de sorte qu'il ne reste aucun espace, si petit qu'il soit, où puisse se loger la moindre bulle d'air. Ils sont eux-mêmes facilement attaquables, et par conséquent susceptibles de corruption; mais si le vase est parfaitement clos, le contenu est en général, pendant un certain temps, hors de tout danger. C'est ainsi que dans les ports de mer on opère pour les boîtes de sardines, de thon ou d'autres poissons, et que dans plusieurs de nos départements, après avoir fait cuire des volailles, on en dispose les membres au milieu de graisse fondue, dans des terrines soigneusement fermées. De même, le son, la sciure de bois et le sable fin dans lequel on dépose les œufs, exercent une action protectrice.

des chambres contenant de la glace ou, mieux encore, on les baigne dans un milieu d'air qui a traversé des appareils réfrigérants et que l'on maintient à une température déterminée, très basse et constante. Les viandes sont, par ce moyen, protégées à la fois contre le développement des microbes et contre le danger de désagrégations rapides auquel sont exposées, dès qu'elles sont ramenées à une température ordinaire, les substances animales qui ont été plongées sans méthode dans la glace et s'y sont congelées.

Les systèmes frigorifiques ne semblent pas avoir atteint leur dernier perfectionnement et, dans les premiers temps surtout, des cargaisons entières ont dû être sacrifiées.

1. Nous étudierons ce microbe dans le chapitre suivant.

Les ferments ne pouvant vivre dans un milieu privé d'eau, la dessiccation peut être utilement employée. C'est celui qu'emploient les indigènes de l'Afrique méridionale et de l'Amérique. Ils dégraissent d'abord leur viande, puis la coupent en minces lanières qu'ils font ensuite sécher au soleil.

Le sucre est admirablement propre à défendre contre les microbes les substances auxquelles on l'associe. Agréable au goût, il forme avec elles un composé fin et délicat. Les confiseurs l'utilisent principalement pour la préparation des fruits.

Ceux-ci sont plongés dans un sirop ou eau sucrée cuite. Le liquide saturé pénètre peu à peu, par capillarité, entre les cellules, puis, par un double phénomène d'endosmose et d'exosmose, traverse les membranes cellulaires et se substitue molécule à molécule aux liquides qu'elles contiennent. Il les emplit. Or, il est absolument débarrassé de germes, puisqu'il a bouilli. Si, par suite d'une lente évaporation, le fruit confit se dessèche, ses cellules restent tapissées d'un enduit plus ou moins cristallisé; il se trouve alors dans les conditions des substances desséchées au milieu desquelles les ferments ne peuvent vivre.

Les confitures proprement dites, et plus spécialement les gelées, se conservent pour les mêmes raisons. Elles subissent par la cuisson la première opération du procédé Appert. On les recouvre ensuite d'un premier disque de papier imprégné d'alcool, puis d'un second plus grand dont on leur fait une sorte de couvercle.

Cependant l'occlusion n'est pas assez complète pour que l'air ne les atteigne, et elles se décomposeraient facilement après un temps plus ou moins long s'il ne se produisait, par la dessiccation de la surface, une croûte de sucre qui protège les parties profondes, restées plus ou moins liquides. Tel est le secret de la durée des confitures, des pâtes et des bonbons qui nous rendent le

parfum des fleurs et la saveur des fruits, longtemps après la saison qui les a fait éclore et mûrir. Néanmoins il arrive souvent que des confitures s'acidifient, si leur cuisson ou la saturation de l'eau ont été insuffisantes. Des ferments ont subsisté et se sont lentement multipliés. Sous leur influence, le sucre se change en alcool, puis en acide acétique, ainsi que nous l'avons vu.

Les confitures, bonbonneries et confiseries (*confetti*) sont, paraît-il, d'origine italienne. L'usage s'en répandit en France au dix-huitième siècle.

A cette époque, l'amour des confitures s'empara de Paris et de la province. Tout le monde en fit, et ménagères et mondaines, par intérêt culinaire, par genre, par désœuvrement. Les gelées, les pâtes, les compotes, les marmelades, etc., connurent alors les perfectionnements les plus raffinés. Des religieuses devinrent célèbres dans l'art de les confectionner. Les couvents et les pensionnats de demoiselles se distinguaient.

Quelle prodigieuse consommation de pâtes sucrées, de pralines, de dragées, de pastilles ! La bonbonnière était le bijou nécessaire. Elle était de cristal, d'écaille blonde ou d'or, richement ciselée, ornée de pierreries, de perles fines ou de quelque miniature. Nul élégant n'eût osé se montrer sans elle au théâtre, en visite, à la promenade.

Si nous nous transportons à un autre pôle de la société, nous trouvons un procédé de conserve bien différent; nous voulons parler des salaisons. Leur confection n'a jamais été du bel usage. Mais que de services n'ont-elles pas rendus, que de pauvres gens leur ont dû de ne point manger leur pain sec ! Le paysan, bien longtemps, n'a connu d'autre viande que celle du porc salé. Aux plus pauvres mêmes, pour les jours de fête au moins, le sel gardait un morceau de chèvre. Aussi le peuple lui a-t-il voué sa reconnaissance. Il l'a pris pour témoin de ses adorations et de ses colères. Parce que le sel est préservatif de la corruption, on en a fait le symbole de la sa-

gesse, et les cultes religieux l'ont admis dans leurs rites. Parce qu'il empêche, au bord de la mer, où il se dépose naturellement, l'apparition de toute végétation, il a été choisi pour emblème de la stérilité. Dans l'antiquité, quand un grand coupable, un traître à la patrie, était frappé par la justice populaire, on rasait sa maison et l'on semait du sel sur le sol, pour signifier que rien ne pousserait jamais sur l'emplacement désigné désormais au mépris des générations.

L'usage de saler la viande et le poisson est fort ancien. Il en est fait mention dans Hésiode et dans Homère; selon Hérodote, il était pratiqué en Égypte de toute antiquité. Les Athéniens appréciaient tellement le porc salé, que, pour récompenser un habile charcutier étranger, ils octroyèrent à ses fils le titre de citoyens[1]. En Grèce et à Rome on salait les cadavres au lieu de les embaumer ; Dion et Plutarque racontent que Pharnace envoya ainsi à Pompée le corps de Mithridate.

Le sel marin, comme antiseptique, est fort utilisé de nos jours. Il semble agir par le chlore et la soude dont il est composé[2]; son action consiste à tuer les microbes ou à les empêcher de se reproduire[3].

Le poisson salé, notamment les morues, les harengs, les sardines, les anchois, les saumons, est l'objet d'un commerce considérable. La Hollande et divers ports de la Manche ont acquis une grande renommée dans cette industrie. La pêche du hareng et l'art de le saler, a dit Voltaire, ne paraissent pas un objet bien important dans l'histoire du monde; c'est cependant ce qui a fait d'un pays méprisé et stérile une puissance respectable[4].

En Russie, on plonge les œufs de l'esturgeon du Volga

1. Levesque, *Instit. scient. mor. et pol.*, t. V, p. 127.
2. Sel marin (chlorure de sodium, $NaCl$).
3. Le sel agit aussi comme le sucre, en absorbant l'eau des aliments auxquels il est uni.
4. Voltaire, *Mœurs*.

dans de la saumure, et on les pétrit de manière à obtenir une pâte bien homogène, ce qui donne le *caviar*. La *boutargue* de Marseille se fabrique de même avec les œufs du muge (*Mugel cephalus*).

L'emploi du chlorure de sodium offre de graves inconvénients. Le sel est irritant, et l'usage prolongé des salaisons n'est pas sans danger pour la santé. Il cause plus d'une maladie. Avant de faire cuire les conserves qui en sont imprégnées, on doit les en séparer. Mais il est des préparations, comme certaines charcuteries, dont il est le condiment et auxquelles il reste nécessairement mêlé. On conçoit facilement qu'une pareille nourriture soit peu hygiénique. C'est en sacrifiant leurs plus précieuses qualités que le sel défend les aliments contre les microbes. M. Liebig a trouvé que le tiers ou la moitié des sucs, qui constituent la plus grande partie des éléments nutritifs de la viande fraîche, est absorbée par la saumure.

Ce n'est pas Brillat-Savarin qui aurait encouragé de tels us. Certes il eût fallu qu'il ne lui restât qu'un tonneau de salaisons, sur le radeau de la Méduse, pour qu'il se résignât à un repas indigne d'un artiste de sa trempe. Bien avant les expériences du chimiste Liebig, le magistrat cuisinier connaissait la valeur des liquides qui forment le jus. Un jour même, poussé par la passion culinaire, peut-être par la gourmandise, le grave conseiller se laissa aller à une véritable gaminerie de rapin. Il a osé s'en vanter :

« Je voyageais, dit-il, avec deux dames que je conduisais à Melun. Nous n'étions pas partis très matin, et nous arrivâmes à Montgeron avec un appétit qui menaçait de tout détruire.

« Menaces vaines ! l'auberge où nous descendîmes, quoique d'une assez bonne apparence, était dépourvue de provisions : trois diligences et deux chaises de poste avaient passé et, semblables aux sauterelles d'Égypte, avaient tout dévoré. Ainsi disait le chef. Cependant je

voyais tourner une broche chargée d'un gigot tout à fait comme il faut, et sur lequel les dames jetaient par habitude des regards très coquets. Hélas! elles s'adressaient mal : le gigot appartenait à trois Anglais, qui l'avaient apporté et l'attendaient sans impatience en buvant du champagne.

« — Mais, du moins, dis-je d'un air moitié chagrin et moitié suppliant, ne pourriez-vous pas nous brouiller ces œufs dans le jus de ce gigot? Avec ces œufs et une tasse de café à la crème nous nous résignerons. — Oh! très volontiers, répondit le chef; le jus nous appartient de droit public, et je vais de suite faire votre affaire.

« Sur quoi il se mit à casser les œufs avec précaution.

« Quand je le vis occupé, je m'approchai du feu, et, tirant de ma poche un couteau de voyage, je fis au gigot défendu une douzaine de profondes blessures par lesquelles le jus dut s'écouler jusqu'à la dernière goutte. A cette première opération je joignis l'attention d'assister à la concoction des œufs, de peur qu'il ne fût fait quelque distraction à notre préjudice. Quand ils furent à point, je m'en emparai et les portai à l'appartement qu'on nous avait préparé.

« Là, nous nous en régalâmes et rîmes comme des fous de ce qu'en réalité nous avalions la substance du gigot, en ne laissant à mes amis les Anglais que la peine de mâcher le résidu. »

Eh bien, ce résidu, ainsi que le nomme Brillat-Savarin, ces fibres de gigot frais étaient cependant plus succulentes, plus nourrissants encore que ne saurait l'être la viande dont les sucs ont disparu dans la saumure. Aussi est-il facile de comprendre quels services nous a rendus Appert. La marine surtout profite de l'industrie qu'il a créée, elle qui, autrefois, n'emportait sur l'Océan que des viandes salées dont la consommation exclusive occasionnait le scorbut.

L'usage des salaisons a certainement pris naissance sur les rivages de quelque océan. Le *fumage*, au contraire, a dû naître dans les chaumières, au milieu des forêts. L'abondance des arbres à résines, a pu provoquer la découverte de ce procédé primitif. Aujourd'hui encore, le touriste qui s'égare loin des grandes routes, dans les bois, et pénètre dans les habitations des bûcherons ou des forestiers, rencontre, chez les plus pauvres même, ces immenses cheminées qui occupent toute une paroi d'une salle noircie par le temps. Là, sous le vaste manteau, au-dessus de la fumée des branches résineuses, chaude, riche en créosote, épaisse, odorante, est toujours suspendu quelque jambon de porc, de chèvre, de mouton, de gibier même.

La conservation est assurée par la dessiccation et par l'action de la créosote, qui a la propriété de coaguler les substances albuminoïdes. S'il préserve des microbes, ce moyen offre deux inconvénients : les principes azotés étant devenus difficilement solubles, l'aliment est peu digestif; de plus, certains parasites animaux, tels que les trichines, ne sont pas détruits. Les viandes fumées ont un goût délicieux, on a coutume de les consommer sans les cuire, et les accidents sont fréquents.

Le *saurage* que l'on fait subir aux harengs consiste à exposer ces poissons à la fumée du bois, après les avoir salés. C'est, on le voit, une combinaison de la salaison et du fumage. Il a été inventé par les pêcheurs des contrées du Nord, où l'Océan baigne des côtes couvertes d'abondantes forêts.

L'eau-de-vie est fréquemment employée pour conserver les fruits. Elle empêche la propagation de certains microbes, mais ne les tue pas tous.

L'alcool est, il est vrai, un milieu mortel pour ceux-ci, et l'on s'en sert dans les musées pour les pièces anato-

miques. Mais il est en proportion insuffisante dans l'eau-de-vie et n'y a qu'une influence limitée.

Il est prudent de passer à l'eau bouillante les végétaux que l'on prépare ainsi.

On a également l'habitude de confire dans le vinaigre, pour le service ordinaire de la table, certains légumes, tels que les oignons, les haricots, les câpres, les cornichons, etc. Quelques-uns sont préalablement blanchis, d'autres sont traités à froid. Dans ce cas, on a eu soin de les plonger quelque temps dans du gros sel, de façon à les en imprégner complètement.

Il serait imprudent de mettre les fruits au vinaigre. En effet, si on introduit des prunes ou des raisins purs de tout germe sous une cloche remplie d'acide carbonique, leur sucre disparaît, il se change en alcool et en acide carbonique. Ce sont les cellules mêmes du fruit qui remplissent le rôle de ferment. Or le *Micrococcus aceti* du vinaigre acidifie l'alcool. Pour peu que, dans les usages domestiques, le fruit fût à découvert après la production de l'alcool, la fermentation acide s'opérerait. On conçoit que dans l'eau-de-vie, au contraire, cette transformation du sucre ne présente aucun inconvénient.

Nous savons depuis peu que le borax constitue un agent de préservation contre les microbes.

Un Anglais, M. Robottom, voyageait, il y a quelques années, en Californie. En explorant les environs d'un lac, il découvrit le cadavre d'un cheval dans une couche de terre à borax. L'animal avait séjourné là pendant quatre mois environ; malgré les fortes chaleurs (45° au moins), il ne répandait aucune odeur, sa chair était parfaitement fraîche, sa pupille claire et brillante, son poil souple et bien attaché à la peau[1]. Le borax avait opéré la mer-

1. *Sur les propriétés antiseptiques du borax.* Lettre de M. Schnetzler à M. Dumas. (*Compt. rend. de l'Ac. des sc.*, vol. LXXXII, 1876, p. 514.)

veille. Cette substance peut donc être utilisée pour la préparation des conserves; il suffit de faire tremper pendant vingt-quatre ou trente-six heures les aliments que l'on veut garder, dans une solution contenant, par hectolitre, 8 kilogrammes de borax, 2 kilogrammes d'acide borique et 1 kilogramme de sel. A Buenos-Ayres de grandes quantités de viandes ainsi marinées ont été expédiées avec succès en Belgique et en France. Cependant une immersion trop prolongée dans le borax n'est pas sans inconvénients [1].

On connaît un grand nombre d'antiseptiques. Il ne faudrait pas croire qu'on pût les employer tous indifféremment. Les uns arrêtent le développement des ferments organisés, les tuent même; d'autres n'ont d'influence que sur leurs diastases; d'autres exercent à la fois leur action sur les microbes et sur leurs produits; enfin ils ne sont pas aptes à tout faire, et tel qui fait périr un microbe favorise la multiplication d'un autre [2].

Les antiseptiques les plus actifs sont ceux qui, comme

1. « Au mois d'octobre 1872, écrit M. Schnetzler, je plaçai dans une solution concentrée de borax des baies de raisin très mûres et une grappe de raisin entière; le tout fut mis dans un flacon bouché. Le liquide, d'abord incolore, brunit légèrement; quant au raisin, il présente encore aujourd'hui (février 1875) le même aspect qu'il y a plus de deux ans. Il n'y a pas eu trace de fermentation, mais il n'est pas mangeable. Il y a eu diffusion : une grande partie du sucre a passé à travers l'enveloppe membraneuse des baies, tandis que le borax a pénétré dans l'intérieur, où il a fait coaguler les matières albuminoïdes des cellules. » *De l'action du borax dans la fermentation et la putréfaction.* (*Compt. rend. de l'Ac. des sc.*, 1875, p. 469.)

2. Il est cependant des substances qui ne nuisent nullement à l'homme et qui tuent les ferments, mais elles sont peu connues. Dans ses recherches sur l'*Aspergillus niger* (voir p. 157), M. Raulin a vu que du nitrate d'argent dans la proportion de un à seize cent millièmes, soit environ 4 milligrammes dans une substance de 6 kilogrammes où vivait la moisissure, la faisait périr. Cultivée dans un vase d'argent, la plante meurt également. Si l'on découvrait qu'une faible quantité d'un métal aussi anodin pour l'homme que l'argent pût détruire les ferments de la putréfaction, quel précieux antiseptique deviendrait ce métal!

le chloroforme, l'acide phénique, le bichlorure de mercure, etc., font périr les ferments figurés eux-mêmes ; mais, le plus souvent, ils étendent à tous les organismes vivants leur propriété de supprimer la vie : ils ne peuvent donc être utilisés sans danger pour la conservation des aliments [1].

En résumé, températures extrêmes, dessiccation, substances qui interceptent l'air et antiseptiques sont nos armes contre les ferments de la putréfaction.

O puissance de l'homme, que de soins, de ruses, de travail, d'observations et d'inventions, que d'efforts pour lutter contre des êtres microscopiques, contre de simples cellules !

1. En général, les composés alcalins ou neutres, comme le bicarbonate de soude, le chlorure de sodium, l'alcool, etc., nuisent au développement des Saccharomyces, des Micrococcus, des Mycodermes, et des Mucédinées, parmi lesquelles nous citerons les Penicilliums et les Aspergillus. Ces mêmes substances forment au contraire des milieux où se plaisent les Bacillus, les Spirillums, etc. Inversement, si les acides, comme le vinaigre, l'acide salicylique, etc., sont des poisons pour les Bacillus et les Spirillums, d'autre part, ils concourent à la prospérité des Saccharomyces, des Micrococcus, des Mycodermes et des Mucédinées.

CHAPITRE XIII

MICROBES DES MALADIES CONTAGIEUSES

Lutte pour l'existence. — Parasites animaux et végétaux. — Muguet. — Teigne. — Angine. — Furoncles. — Pébrine et flacherie des vers à soie. — Choléra des poules. — Expériences de M. Pasteur. — Charbon. — *Bacillus anthracis.* — Expériences de MM. Pasteur, Joubert, Chamberland, etc. — Pustule maligne. — Vaccinations charbonneuses. — Septicémie. — Fièvre paludéenne, fièvre récurrente, fièvre typhoïde, tuberculose, choléra, variole. — Morve et rage. — Germes de l'air et des eaux. — Mesures préventives contre les maladies contagieuses.

La lutte pour l'existence n'est pas seulement entre l'homme et les ferments de la putréfaction, qui lui disputent ses aliments; elle est partout dans la nature; l'oiseau charmant perché sur la branche happe au passage l'insecte qui bourdonne dans l'air, et l'insecte aux ailes transparentes dévore la chenille qui faisait son repas d'un brin d'herbe. Chaque année, dans les colonies anglaises, les serpents et les tigres tuent plus de vingt mille Indiens. On a trouvé jusqu'à soixante mille petits crustacés dans l'estomac d'un hareng. Un éperlan mange plus d'un million de petits cyclopides avant d'atteindre la taille de quatre à cinq centimètres, et un brochet doit avoir englouti, pendant trois ans, au moins, plus de vingt éperlans par jour, soit vingt et un mille neuf cents éperlans, qui représentent vingt et un mille neuf

cent millions de cyclopides, avant d'être digne de figurer dans un dîner de carême.

Et celui qui s'appelle lui-même le roi de la Création, la conscience paisible, chante les harmonies de la nature, au bord d'un clair ruisseau, où toutes les petites bêtes de l'onde et de l'atmosphère se chassent, s'entre-détruisent, où chacune poursuit une proie et se sauve et se cache pour ne pas être victime à son tour. C'est une guerre générale, une lutte à mort entre tous les êtres. Les uns prennent leurs ennemis par la famine, d'autres par la ruse, d'autres par la violence. Quelle haine infernale les domine ? — Aucune : c'est tout simplement qu'il faut vivre, et la vie de l'un entraîne fatalement la mort de l'autre.

Une racine vorace empêche une autre racine de s'accroître, la sève destinée au bourgeon que le vent brise va nourrir les autres bourgeons ; les loups, en hiver, se mangent entre eux, quoi qu'en dise le proverbe qui les flatte ; et parmi les hommes, hélas ! n'y a-t-il pas aussi des racines voraces, des bourgeons sacrifiés, des loups dévorants ?

Heureusement, pour nous, la destruction réciproque n'est pas l'inévitable loi ; notre existence ne suppose point la guerre incessante ; et si, dans nos sociétés, nous subissons encore les fatalités de la concurrence homicide, c'est parce que nous sommes moins éloignés de la barbarie que nous ne le pensons. La solidarité au contraire, est la puissante force de cohésion entre les hommes ; dans la série des grandeurs morales, elle est le terme le plus élevé. Certains en ont l'aptitude impérieuse, entraînante. Combien de natures d'élite portent en elles un sentiment, une passion supérieurs à l'instinct vital même, et donnent leur vie, marchant au malheur ou à la mort, le cœur haut, la conscience satisfaite, pour une affection, pour une idée, pour un droit, pour un devoir, pour une fierté, pour un rêve, pour le salut de la pa-

trie, pour un progrès espéré de l'humanité! Quelques-unes restent vivantes dans l'histoire, et leur héroïsme fait naître ou grandir d'autres héroïsmes à des siècles de distance. La plupart traversent le monde, modestes ou méconnues, oubliées, sacrifiées, calomniées; ce sont les grandes victimes, les héroïques martyrs, les vaincues de l'ignorance, de la superstition, de l'égoïsme, de l'envie. Devançant les temps, elles poursuivent l'idéal de justice vers lequel chacun de leurs efforts tend à nous rapprocher. Mais elles ne sont encore que l'exception, une promesse pour l'avenir.

En dehors de ces conditions humaines, c'est partout le combat sans merci ni trêve; et si les plus grands attaquent les plus petits, ceux-ci prennent parfois des revanches effroyables. La cuscute enserre le blé de cent bras; le lierre étreint le chêne que parfois il étouffe; le carabe doré fond sur le hanneton plus gros que lui et lui dévide les intestins; l'ichneumon n'a d'autre berceau, pour ses larves, que le corps de la chenille; certaine petite mouche de l'Afrique centrale fait mourir les bœufs en se logeant dans leurs naseaux; une arachnide cause la gale; et nous pourrions citer de nombreux parasites, vers intestinaux, trichines et autres, sous les coups desquels les plus vigoureux animaux succombent.

Un champignon microscopique, le *Saccharomyces albicans*, plus connu sous le nom de *Muguet*, envahit la bouche des enfants et les asphyxie; un autre, le *Trichophyton tonsurans* couvre la tête de ses végétations teigneuses, sans respect des plus belles chevelures. La carie des dents est due à la végétation d'une algue, le *Lepthothrix buccalis*. Une cellule infime provoque les furoncles : transportées par l'air, le linge, les vêtements, ses colonies anthropophages s'installent, en d'horribles pustules, sur toutes les parties du corps, et même émigrent d'une personne à une autre.

Et la terrible angine, la couenneuse, dont le spectre,

la nuit, éveille les mères, qui prend à la gorge nos pauvres petits et les couche dans le tombeau! c'est encore une algue, une pullulation de Micrococcus qui l'apporte [1].

O microbe tout-puissant, agent de rénovation, toi qui prépares pour la vie ce qui appartient à la mort, tu es donc aussi un pourvoyeur de cimetières!

Hélàs! ce n'est point assez pour le minuscule de vivre de ce qui ne vit plus; de ce qui vit il sait encore faire un cadavre, comme du cadavre les minéraux gazeux de l'atmosphère et les sédiments de la terre. Malheur à qui n'est pas robuste et sain; si le microbe le pénètre, il périra. Que l'homme ou l'animal aient un trouble de nutrition, une altération d'organe, une perturbation de fonction, un ralentissement d'activité, un affaiblissement de constitution, que leur résistance physiologique ne soit point assez forte pour éliminer le ferment, si le microbe des virus ou le microbe des épidémies flotte dans l'air autour d'eux, ils sont envahis. Redoutable lutteur, actif, prolifique, de vitalité intense, énergique, le microphyte les décompose, les prépare pour les putréfactions, et les jette dans le tas des choses mortes, en pâture à ceux de son monde.

La kyrielle est longue des maladies microbiennes. Porté par le vent, l'aile d'un insecte ou la vésicule d'un brouillard, chauffé par le soleil, vivifié par l'humidité, le ferment est partout. Il décime les troupeaux, dépeuple les basses-cours, ravage les magnaneries; et quand il rencontre l'homme, s'il trouve une ouverture, une déchirure par où il puisse s'introduire en lui, il l'empoisonne, le mange vif, tantôt lentement, pendant de longues années, tantôt en quelques jours, en quelques heures, par milliers.

C'est une algue unicellulaire, ce *Bacterium Bombycis*

1 Travaux de MM. Nageli, Wood et Formad.

que l'on accuse de faire mourir les vers à soie. Il est ovoïde, dénué de chlorophylle, il se reproduit par division et par spores (fig. 49).

M. Pasteur l'offrit un jour en pâture, sur des feuilles de mûrier bien fraîches, bien appétissantes, à de malheureux vers qui se donnèrent du repas à cœur joie; douze jours après, leur peau se couvrait de petites taches semblables à un semis de poivre noir; ils étaient atteints de cette maladie dont pas un ne guérit, de la *pébrine*. L'expérimentateur blessa d'autres vers, et dans des piqûres, qui étaient autant de plaies béantes, il inocula des Bactériums. Ceux-là eurent le sort des premiers.



Fig. 49. — Bacterium Bombycis.

Mais pour être un savant, on n'est pas le fléau des vers à soie. Comment ceux qui n'ont point affaire à M. Pasteur meurent-ils de la pébrine? — Hélas! il suffit que quelque bactérium, apporté dans la magnanerie avec des feuilles de mûrier, soit ingéré par une des chenilles. La malheureuse est infectée et ses déjections communiquent bientôt la contagion à toute la chambrée, d'autant plus facilement que les vers ont à leurs pattes antérieures des crocs avec lesquels ils se font des blessures qui sont autant de portes ouvertes aux microbes [1].

1. M. de Quatrefages, qui le premier étudia cette maladie, crut pouvoir la caractériser par l'existence, à l'intérieur et surtout sur la peau des vers, des très petites taches noires dont nous venons de parler. M. Osimo découvrit ensuite des corpuscules dans les œufs du ver à soie, et M. Vittadini, après avoir reconnu que leur nombre augmentait dans une ponte, à mesure que l'on approchait de l'époque de l'éclosion, fonda sur l'examen microscopique de la *graine* (nom vulgairement donné à l'*œuf*) le moyen de distinguer la bonne de la mauvaise. M. Pasteur entreprit alors ses expériences sur les vers, et recommanda l'examen, non des graines, mais des papillons, pour destiner exclusivement à la reproduction les œufs de ceux que le microscope

Quelquefois tous les vers d'une magnanerie périssent, conservant quelque temps les apparences de la vie, à tel point qu'il faut les toucher pour s'assurer qu'ils sont morts; puis ils deviennent mous, noircissent et pourrissent en répandant une odeur aigre. Ils ont succombé à la *flacherie*. M. Pasteur a examiné des cadavres. Il a trouvé, dans le canal digestif, des organismes semblables à ceux qui se développent dans les feuilles de mûrier lorsque celles-ci ont fermenté dans l'eau. Parmi ces microscopiques, les uns, immobiles, ressemblent à de petits bâtonnets ou à des grains soudés bout à bout en chapelet; d'autres sont plus ou moins agiles, flexueux, avec un mouvement vermiforme. Peut-être sont-ils là plusieurs espèces. On les désigne tous cependant sous le nom de *Micrococcus Bombycis* (fig. 50). Ils se sont glissés dans les tissus, se sont reproduits par division, avec une extrême fécondité, et ont tué les chenilles au cocon d'or. Un jour ces malfaiteurs ont ruiné tous les sériciculteurs de France[1].



Fig 50. — Micrococcus Bombycis.

montre exempts de corpuscules. Il conseille aussi de faire ces éducations dans des locaux isolés, et, pour favoriser l'isolement, de hâter, par une température de 25° à 30° Réaumur, la naissance des vers, de telle sorte que ceux-ci montent à la fougère, avant que les autres aient atteint la dernière mue. On sait combien ces mesures préventives ont rendu de services à l'industrie séricicole. (Voir Pasteur, *Études sur la maladie des vers à soie*, 1870. Paris, Gauthier-Villars, éditeur.)

1. La *flacherie*, comme la *pébrine*, étant l'œuvre des microscopiques, les moyens employés pour combattre ces deux maladies sont les mêmes (voir p. 288). L'expérience a, de plus, montré que les éducations précoces, faites en avril et en mai, sont celles auxquelles le *Micrococcus Bombycis* cause le moins de trouble. A ce moment, les feuilles sont peut-être moins susceptibles d'apporter aux vers le microbe. (*Étude sur les maladies des vers à soie.* Pasteur, 1870.)

Entrons dans la basse-cour. Elle est joyeuse. Sous le ciel bleu, les poules picorent çà et là avec leurs petits autour d'elles. Elles grattent la terre dans l'espoir d'y trouver quelque larve ou quelque ver, et si l'une d'elles rencontre un bon morceau, par habitude de caquetage, elle en avertit ses compagnes. Aussitôt l'imprudente est assaillie et sa proie passe de bec en bec, au milieu de combats, de cris et de courses folles. Le coq marche majestueusement, la tête haute, la gorge en avant et gonflée, déployant et reployant alternativement ses doigts nerveux; il fait entendre sa voix sonore, puis écoute si, dans le lointain, un autre chant va lui répondre; ses yeux brillent, son allure est celle d'un conquérant. L'éclat de ses couleurs et la lumière qui accusent ses contours accentuent ses moindres mouvements. Partout la vie intense apparaît sous les plumes soyeuses, les parures chatoyantes.

Mais un jour cette vie est atteinte à son foyer même; l'inertie et la torpeur succèdent à l'animation bruyante, nul vermisseau ni grain de mil n'excitent plus l'envie; le coq ne songe plus à guerroyer.

Plus d'amour, partant plus de joie,
Plus de cris ni de chants.

Les plumes se hérissent, elles paraissent ternes, les jambes fléchissent, les yeux s'éteignent et se ferment, une somnolence invincible accable les pauvres oiseaux; l'un après l'autre s'endort pour ne plus se réveiller. Le *choléra des poules* a pénétré dans la basse-cour.

Cette épidémie de la volaille est fréquente. Dans ces derniers temps, elle a fait grand bruit dans le monde. Les savants avaient des doutes, ils ouvrirent une enquête. Un vétérinaire d'Alsace, M. Moritz, soupçonnant la présence d'un microbe, auteur de tout le mal, le dénonça; un vétérinaire de Turin, M. Peroncito en donna le signalement en 1878; l'année suivante, M. Toussaint,

professeur à Toulouse, en constata l'identité et envoya à M. Pasteur, comme pièce de conviction, la tête d'un coq mort du choléra. Alors le chimiste commença sur le malfaiteur des expériences rigoureuses. Pour le bien connaître il fallait l'isoler : M. Pasteur l'ensemença, le cultiva. Le sol dans lequel cette singulière culture fut entreprise était du bouillon de poule neutralisé par de la potasse. Tous germes d'autres ferments avaient été préalablement détruits par une température de 110° à 115°. A peine quelques heures s'étaient écoulées que déjà le bouillon était devenu trouble; il contenait une multitude infinie de microbes d'une ténuité extrême, ovoïdes et légèrement étranglés en leur milieu. L'expérimentateur prit une goutte de ce liquide, la transporta dans un autre bouillon, lequel, comme le premier, se remplit bientôt des mêmes organismes. Il fit ainsi plusieurs semis successifs; enfin il injecta sous la peau d'un certain nombre de poules une goutte de ces préparations, tandis qu'il inoculait à d'autres, une semblable quantité de sang empruntée à l'une des victimes du choléra. Tous les oiseaux infectés soit avec le bouillon, soit avec le sang malade, moururent avec une égale rapidité et avec des symptômes identiques. Des poules qui mangèrent du pain imbibé de ce bouillon furent également contaminées.

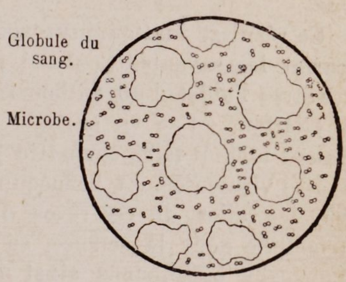


Fig. 51. — Microbe du choléra des poules.

M. Pasteur essaya d'autres cultures. Mais cette fois il laissa s'écouler quinze jours, trois mois, neuf mois entre les semailles. Puis il pratiqua des inoculations avec les derniers mélanges. Alors, chose étrange ! celles-ci, non seulement n'étaient point mortelles pour les poules ; mais

après leur avoir causé une indisposition légère, elles les rendaient indemnes à la contagion. L'action de l'oxygène de l'air sur le microbe, dans l'intervalle qui sépare deux ensemencements, avait opéré une modification extraordinaire sur la virulence du parasite.

Si nous rapprochons de ces faits celui de la vaccine dans ses rapports avec la variole, nous reconnaissons que le liquide ensemencé qui ne donne pas la mort se comporte comme une vaccine relativement à celui qui tue.

Ce résultat inattendu provoqua une émotion générale parmi les savants. Contesté par les uns, il fut pour d'autres l'objet d'un enthousiasme extrême. Ce fut une révélation; on se vit sur la voie de découvertes qui devaient bientôt faire connaître les vaccins des autres maladies virulentes. Et beaucoup de biologistes, emportés sur les ailes de ces rêves de gloire pour eux et de triomphe pour la science, se mirent à la recherche de nouveaux organismes ainsi qu'au labeur de nouvelles cultures.

Parmi les maladies contagieuses, il en est une désastreuse entre toutes, le *charbon*. Elle n'épargne pas l'homme, et elle enlève à la France une quantité de bétail dont la valeur annuelle moyenne peut être estimée à vingt millions de francs. Elle était une des plus faciles à étudier parce que, s'attaquant surtout aux animaux, elle permettait de nombreuses expériences; ce fut sur elle que se dirigea l'attention des chercheurs.

Lorsqu'on examine au microscope le sang d'un animal charbonneux, on trouve que les globules rouges ont perdu la netteté de leurs contours, et l'on voit nager au milieu d'eux une infinité de petits bâtonnets transparents (fig. 52). En 1850, MM. Davaine et Rayer avaient signalé ces organismes[1]; ils les avaient reconnus pour

1. *Bull. de la Soc. de Biol. de Paris.*

appartenir au groupe des Bactéridies, de la classe des Algues; mais ils n'en avaient pas, à ce moment, compris le rôle. Un peu plus tard, lorsque M. Pasteur eût démontré l'action des microbes sur les liquides exposés à l'air, M. Davaine reprit ses observations et conclut que la petite algue, connue aujourd'hui sous le nom de *Bacillus anthracis*, est la cause du charbon.

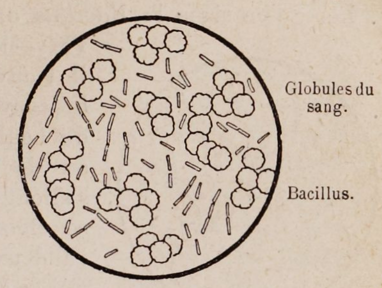


Fig. 52. — Bacillus anthracis dans le sang d'un animal charbonneux.

M. Pasteur confirma bientôt l'exactitude de cette assertion. Il introduisit une goutte de sang charbonneux dans un ballon de bouillon de levûre stérilisé [1] et neutralisé par la potasse. Vingt-quatre heures après, on pouvait voir flotter dans le liquide une sorte de nuage floconneux. Une goutte empruntée à ce ballon, dont la capacité était d'un litre, fut mise dans un second, dont le contenu se comporta de même, puis une goutte de celui-ci fut mêlée à un troisième, et ainsi de suite. Les Bacillus pullulaient, et l'on peut bien dire qu'ils se trouvaient débarrassés de tout ce qui leur était étranger dans la goutte de sang primitive d'où sortaient leurs ancêtres, car cette goutte de sang, dès le cinquième ensemencement, était aussi diluée que si on l'eût immédiatement mélangée avec un liquide dont le volume eût été un million de fois plus grand que celui de la terre [2]. Eh bien,

1. La lutte pour l'existence entre les différentes espèces de ferments explique la nécessité, avant d'ensemencer un microbe spécial, de tuer ou d'éloigner ses rivaux. C'est ce qu'on appelle *stériliser* un liquide de culture. On obtient ce résultat par la chaleur ou par la filtration à travers un filtre de porcelaine.

2. Tout d'abord l'imagination se refuse à admettre l'exactitude d'une pareille assertion; mais en réfléchissant, nous voyons qu'une

une goutte de la dixième, de la vingtième, de la cinquantième culture, inoculée à un mouton, lui donnait la mort.

Lorsqu'on sème le *Bacillus anthracis* au contact de l'oxygène dans un liquide où il trouve une nourriture qui lui convient, par exemple dans du bouillon de poule, de veau ou de levûre, les bâtonnets s'allongent en filaments, puis se cloisonnent et se divisent en deux ou plusieurs parties qui se séparent pour s'effiler à leur tour, et ainsi de suite. On voit bientôt tous ces organismes nager, s'enrouler et s'enchevêtrer comme des fragments de fils embrouillés (fig. 53). Mais le liquide est-il peu nutritif ou bien vient-il à s'épuiser, si le Bacillus, sentant sa fin prochaine, a encore un peu d'oxygène, il assure, avant de mourir, la perpétuité de sa race : de petites sphères brillantes apparaissent dans toute sa longueur; puis les membranes se résorbent, et les spores, plus résistantes à la privation de nourriture, au manque d'oxygène et aux températures élevées [1], succèdent aux filaments. Dans

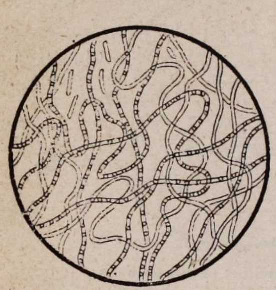


Fig. 53. — Filaments et spores du Bacillus anthracis.

goutte de sang, du volume de 1 millimètre cube environ, est la millionième partie d'un litre d'eau, c'est-à-dire du décimètre cube ou du litre dans lequel on la place ; une goutte de ce mélange, transportée dans un deuxième litre, contient donc la millionième partie de la goutte de sang, et une goutte du deuxième mélange ne renferme déjà plus que la millionième partie du millionième de la goutte primitive, etc. On obtient ainsi, au bout de la cinquième opération, le même résultat que si l'on avait tout de suite dilué la goutte de sang dans un liquide dont le volume serait exprimé en *kilomètres cubes* par le chiffre 1 suivi de dix-huit zéros, soit 1,000,000,000,000,000,000 de kilomètres cubes. Or, nous savons que le volume de la terre n'est que de 1,000,000,000,000 de kilomètres cubes environ.

1. Une chaleur de 100° à 110° même ne les fait point périr, tandis que celle de 90° tue les filaments.

cet état, les microbes de nouvelle génération attendent durant des semaines, des mois, des années même, que des temps meilleurs, qu'une fantaisie de la fortune, les placent dans des conditions qui leur permettent de se développer et de devenir bâtonnets ou filaments. Cet heureux destin se réalise lorsqu'un expérimentateur s'avise de les plonger dans un bouillon, qui leur est une mer de délices, ou lorsqu'ils viennent à passer, avec l'herbe fleurie dans l'estomac et, de là, dans les vaisseaux sanguins de quelque malheureux animal. Dans ce dernier cas aussi ils rencontrent tous les éléments nécessaires à leur vie, même l'oxygène dont ils sont si avides, et que, sans gêne, ils enlèvent aux globules du sang. Non seulement les spores s'accroissent alors en bâtonnets, mais ceux-ci se multiplient avec une rapidité si prodigieuse, qu'au bout de sept à huit heures le sang de leur hôte, privé d'oxygène, devient noir comme celui des animaux empoisonnés par l'oxyde de carbone. Jamais les spores ne se produisent dans un corps vivant; mais elles peuvent apparaître quelques heures après sa mort.

Le rôle des microgermes dans les épidémies charbonneuses fut découvert en 1878. A cette époque, MM. Pasteur, Roux et Chamberland donnèrent à des moutons de l'herbe infestée de spores de *Bacillus anthracis*. Un certain nombre moururent quelques jours après. On en fit l'autopsie : les ganglions et les tissus de l'arrière-gorge étaient tuméfiés et gonflés. On pensa que, chez les victimes, de légères excoriations existaient aux muqueuses de la bouche et avaient servi d'entrée. Afin d'en avoir la certitude, on éparpilla sur l'herbe des barbes d'orge et des piquants de chardons, qui devaient produire des blessures : la mortalité augmenta.

Pour expliquer la spontanéité de la maladie, il ne restait plus qu'à trouver des germes dans les pâturages. Mais grande était la difficulté. On eut l'idée de diriger

les recherches dans le voisinage des fosses où avaient été enfouis des animaux morts du charbon. L'analyse montra dans les terres recueillies, soit à la surface, soit près des cadavres, des spores de Bacillus, qui, inoculées à des individus bien portants, leur communiquèrent le charbon.

Comment ces spores étaient-elles arrivées là? — Nous avons tous remarqué, sur le sol humide, de petits cylindres argileux enroulés ou plutôt accumulés en tas, et qui ne sont autres que des déjections de lombrics ou vers de terre. Eh bien, M. Pasteur déclare avoir reconnu dans ces cylindres des germes de charbon. Ceux-ci auraient été ingérés avec de l'humus par des vers et ramenés par eux des couches inférieures au dehors. Des labours profonds, des défoncements de terrains peuvent également transporter des germes d'un lieu dans un autre. Enfin il ne semble pas impossible que des cellules si ténues puissent pénétrer dans les racines des plantes, grâce à des déchirures imperceptibles de l'épiderme, et de là, entraînées par les courants, monter dans les tiges.

En 1879, une épidémie ayant sévi dans un petit village du Jura, une vingtaine de vaches furent enterrées dans un champ, où l'on constata sur les fosses la présence de germes. M. Pasteur fit parquer en cet endroit plusieurs moutons, qui moururent dans la quinzaine, tandis que d'autres, qui paissaient dans le voisinage, ne ressentirent aucune atteinte.

Ces expériences eurent un grand retentissement dans nos provinces agricoles. J'étais alors en Dauphiné, au village de Montalieu. Une terrible épidémie de charbon venait de ravager les étables. Un de mes parents, M. Pain, le plus excellent des hommes, s'intéressait vivement aux découvertes nouvelles et voulait bien me donner son opinion, qu'autorisait une longue expérience. « — Venez avec moi chez L..., notre fermier, me dit-il; il vous donnera peut-être quelques renseignements inté-

ressants. Il a perdu un grand nombre d'animaux, et il a entouré d'une palissade la place où il les a enfouis. Il est peu probable que L... ait eu l'initiative de cette précaution ; mais pour qu'il ait consenti à entreprendre une chose si inaccoutumée, je suis convaincu qu'il a été à même d'en constater l'utilité. »

J'étais curieuse de causer avec ce paysan, de connaître son impression, et sans plus tarder nous partîmes.

Montalieu est un petit village du département de l'Isère. Ses maisons, au milieu des vignes, s'échelonnent sur un coteau couronné de bois. Tout à côté, au fond d'un ravin, gronde un torrent qui descend en bondissant, de cascade en cascade, sur d'énormes assises crétacées. Au-dessus, semblable à une gigantesque muraille, se dresse un rocher qui abrite le village des vents du nord, et limite la vallée de l'Isère, sur la rive droite de la rivière. Des marronniers, des noyers, des chênes séculaires, dont les branches s'enchevêtrent d'un bord à l'autre du torrent, forment au bas du village des retraites sombres, où l'eau la plus limpide fait mouvoir le soufflet d'une forge. Malgré sa prodigalité de feuillage, Montalieu domine si bien la plaine, qu'à travers ses îlots d'arbres, comme à des fenêtres ouvertes, on peut suivre du regard, au-dessous de soi, les méandres de l'Isère au milieu des prairies vertes, des sarrasins blancs, des sainfoins rouges, des maïs jaunes, des blés d'or. Et de là, les champs couverts des cultures les plus variées, parsemés de saules, de noyers, de peupliers, de mûriers, de pommiers, de vignes exubérantes, qui s'élancent d'un arbre à l'autre ou s'enguirlandent sur des treillages, apparaissent comme un immense jardin. En face, de l'autre côté de la rivière, sur un premier plan, s'élèvent des montagnes garnies de pâturages et de forêts ; et derrière, dominant tout le paysage, les grandes Alpes avec leur stature formidable, leurs sommets superbes, leurs pics aigus, leurs glaciers éclatants. Des pointes de neige

descendent parfois de ces rocs jusque dans la verdure, tandis que le gazon se glisse entre les clapiers et les blocs nus. Que pourrait-on imaginer de plus beau, de plus grandiose, de plus saisissant, que cette immense chaîne, lorsqu'elle se colore de rose sous les derniers rayons du soleil couchant ! C'est, en haut, toujours l'hiver avec ses glaces ; en bas, le chaud soleil du Midi resplendit dans la vallée féconde. Un jour, dans ce merveilleux pays, je cueillais des grenades, en regardant la neige tomber sur les rochers au-dessus de ma tête. Autre contraste : ces roches aux vastes bancs de calcaire, c'est presque le désert, et, bien que l'homme y ait suspendu quelques hameaux, c'est la solitude et le silence des bois, tandis qu'à leur base, c'est le travail ; c'est le cultivateur qui pioche, sème ou laboure, provigne, émonde, taille, vendange, pressure ; ce sont les batteuses, les moulins qui trient et broient les grains ; c'est le haut fourneau qui lance dans les airs ses gerbes d'étincelles, pendant que ses turbines mugissent et que le fer coule en ruisseaux de feu ; ce sont les scieries, les papeteries.... C'est aussi le calme de la nature uni au mouvement de la vie, dans les forêts d'alentour où les charbonniers allument leurs foyers, dans les pâturages où les troupeaux font tinter leurs clochettes, près du sillon où la terre prodigue généreusement ses moissons.

Mais les microbes vivent aussi là, et parfois y font des ravages terribles.

Tout en cheminant, M. Pain nous donnait avec émotion les détails du désastre. Nous arrivâmes. L..., grand, fort, robuste et intelligent comme presque tous les hommes de cette rive ensoleillée, nous raconta comment il perdit ses bœufs et ses moutons : « J'allais les visiter le soir à l'étable, ils paraissaient vigoureux, bien portants ; le lendemain ils étaient mourants. Je les voyais le corps enflé, les yeux secs et brillants, la respiration courte. Alors je les saignais, et j'en tirais un sang

IV



épais, plus noir que les fruits mûrs du sureau. Malgré les soins que je leur prodiguais, ils ne tardaient pas à succomber. Je me hâtais d'éloigner les bêtes malades, mais il était toujours trop tard, et toutes périssaient de même.

— Pourquoi, lui demandai-je, avez-vous enceint d'une palissade la place où sont enterrées vos vaches? »

Il répondit : « Les bêtes qui vont sur les fosses meurent. Autrefois, tous les gens du village enfouissaient leurs animaux sur le bord du chemin. On peut voir les grands trous marqués par le tassement de la terre ; c'est le *cimetière des bêtes*. Il y a là beaucoup d'herbe, et les malheureux qui font paître leurs bestiaux le long des routes les ont tous perdus il y a deux ans. La Cottave, une pauvre femme qui n'avait pour tout bien qu'une vache, l'a vue mourir, un autre sa chèvre, un autre son mouton; c'était pitoyable. Mes bêtes ont passé là, l'herbe y est verte; quelqu'une s'y est arrêtée sans doute; nul n'y a pris garde, j'ignorais le danger. Toutes mes vaches, et j'en avais seize, plus deux bœufs et six moutons, ont péri. Vous jugez de la perte! Maintenant, monsieur le maire défend qu'on enterre sur les routes; il a même fait afficher que chacun doit enfouir dans son champ, et entourer ensuite la fosse d'une barrière. Pour ceux qui n'ont pas de champ, il a désigné, près du ravin, un emplacement que l'on aperçoit là-bas, clos avec des branchages secs, pour que le bétail ne puisse pas s'en approcher. »

Ce récit d'un paysan, assurément à l'abri de tout préjugé scientifique, confirmait les assertions de la science. Nous allâmes, près du ruisseau, à l'ancien « cimetière des bêtes, » et là, sur la terre humide, au milieu d'une herbe drue et abondante, nous constatâmes la présence d'une quantité considérable de ces petits filaments terreux et vermiformes qui sont les déjections des lombrics.

Ces faits sont loin d'être nouveaux; mais ils étaient restés inexpliqués [1].

Le charbon exerce ses ravages principalement parmi les moutons, les bœufs, les chèvres, les chevaux; il se communique facilement aux lapins, aux cochons d'Inde. Les oiseaux sont réfractaires ; la température élevée de leur corps ne permet pas au bacillus d'y vivre [2]; les chiens et les chats auxquels on l'inocule peuvent en être indisposés, mais ils ne succombent pas.

1. Un propriétaire, M. Siebach, ministre de Saxe à Paris, possédait un troupeau de 900 moutons, dont 400 périrent pour avoir couché sur de la terre apportée d'un lieu où des cadavres charbonneux étaient enfouis depuis fort longtemps.

Une autre fois, le même agronome remarqua que, sur un coin de terre où deux moutons avaient été enterrés, le trèfle avait poussé avec une profusion et à une hauteur extraordinaires. Un jour il s'aperçut que ce fourrage avait disparu, et le lendemain même une femme vint lui raconter, en pleurant, que sa chèvre était morte et sa vache très malade. La malheureuse, interrogée, avoua qu'elle avait volé du trèfle, justement à la place où gisaient les moutons, et qu'elle en avait nourri ses deux bêtes.

Aussitôt après cet accident, M. Siebach ordonna que tous les cadavres de ses animaux fussent, à l'avenir, enfouis dans un même lieu, qu'il désigna et qu'il fit entourer d'un fossé et d'une barrière. C'était en 1854. Depuis, paraît-il, la mortalité des bêtes à cornes est chez lui de moins en moins grande.

De 1849 à 1854,	écrit-il,	je perdis	15 à 20	pour 100 par an :
De 1854 à 1858,	—	—	7	—
De 1858 à 1864,	—	—	5	—
En 1865,	—	—	3	—

(*Revue scientifique*, 6 novembre 1880.)

2. La température des mammifères est de 37° à 38°, celle de la poule de 41° à 42°. A cette température l'inoculation du *Bacillus anthracis* ne donne aucun résultat; mais si l'on abaisse la température jusqu'à 38°, ce que M. Pasteur a fait en maintenant dans de l'eau froide les pattes de l'oiseau, le Bacillus se développe très bien, et ne périt que si on laisse la poule reprendre sa température normale.

M. Sowieff a constaté que lorsque la fièvre élève la température jusqu'à 34°,3 ou 40°,6, chez les malades atteints de *pustule maligne*, ceux-ci guérissent toujours, tandis que si la température se maintient de 38 à 40°, les Bacillus conservent leur vitalité, et les malades succombent.

On sait que l'affection virulente appelée *pustule maligne*, et dont l'homme peut mourir, n'est autre que le charbon. Elle atteint non seulement l'ouvrier qui soigne des bœufs ou des moutons charbonneux; mais encore celui qui manie la peau, la laine ou quelque autre partie de leurs dépouilles, même à une époque éloignée de leur mort. Les expériences de M. Leuret, en démontrant la virulence du sang charbonneux, avaient expliqué comment la pustule maligne peut être produite par la piqûre des mouches qui viennent de sucer le sang d'un animal infecté. On avait aussi constaté que les animaux contaminés avec la sérosité, ou mieux encore, avec une particule de tissu empruntée aux lambeaux de la pustule incisée, périssent avec les symptômes de l'affection charbonneuse[1]. On n'ignorait donc pas que le charbon des bêtes à cornes et la pustule maligne de l'homme sont deux manifestations différentes d'une seule et même maladie contagieuse[2]. Mais quelle était la cause commune? C'était là l'inconnu, avant la découverte de M. Davaine et les travaux de M. Pasteur[3].

« Dans ces résultats, dit M. Pasteur, que d'ouvertures pour l'esprit sur l'influence possible des terres dans l'étiologie des maladies, sur le danger possible des cimetières, sur l'utilité de la crémation! Les vers de terre ne ramènent-ils pas à la surface du sol d'autres germes tout aussi inoffensifs pour eux-mêmes que ceux du charbon, mais qui peuvent communiquer des maladies à d'autres animaux?

« Ils en sont, en effet, constamment remplis et de toutes sortes, et ceux du charbon s'y trouvent en réalité,

1. Expériences de MM. Poulain et Garreau.

2. Chez les animaux, les accidents généraux précèdent la formation de la tumeur, tandis que chez l'homme c'est la tumeur qui est le premier symptôme d'où dépend le développement de tous les autres.

3. *Acad. des sc. de Paris*, séance du 6 sept. 1880.

toujours associés aux germes de la putréfaction et des septicémies.

« Et maintenant, la prophylaxie de la maladie charbonneuse n'est-elle pas naturellement indiquée? On devra se garder de jamais enfouir les animaux dans des champs destinés soit à des récoltes de fourrages, soit au pâturage des moutons. »

Ces mesures préventives ne satisfirent cependant pas nos savants, qui, partant du résultat obtenu pour remédier au choléra des poules, entreprirent de trouver un virus vaccin contre le charbon.

M. Pasteur a constaté que les spores ont toujours une virulence de même intensité, de même degré que celle des filaments ou des bâtonnets dont ils proviennent[1]. Il importe donc d'atténuer la virulence de ceux-ci avant qu'ils puissent se reproduire :

M. Toussaint, le premier, employa, dans ce but, le chauffage du sang charbonneux[2], et quelque temps après, M. Chauveau démontra que la chaleur peut être appliquée aussi utilement aux liquides des cultures artificielles[3].

D'autre part, M. Pasteur, et avec lui MM. Chamberland et Roux, cherchèrent l'atténuation du virus dans le contact prolongé des filaments avec l'oxygène[4].

Les expérimentateurs se servirent alors de leurs liquides de cultures pour les inoculer comme un vaccin capable de provoquer une indisposition légère, mais aussi de préserver de la maladie mortelle pour un certain temps au moins. Le succès fut complet[5].

1. Discours de M. Pasteur au congrès médical de Londres, 15 octobre 1880.

2. *Acad. des sc. de Paris*, séances du 5 juillet 1880 et du 2 août 1880.

3. *Acad. des sc. de Paris*, séance du 24 févr. 1883.

4. *Acad. des sc. de Paris*, séances du 6 et du 27 sept. 1880.

5. M. Pasteur sème des filaments de *Bacillus anthracis* dans du bouillon de poule stérilisé, exposé à l'action de l'oxygène, et maintenu à la température de 42° à 43° centigrades. Dans ces conditions, le microbe ne donne pas de spores, et la culture qui, à l'origine, tue

Une telle découverte attira l'attention du monde savant et des cultivateurs. La Société d'agriculture de Melun confia à M. Pasteur un nombre suffisant d'animaux pour faire, sur une grande échelle, une expérience publique.

« Cinquante moutons, dit M. Pasteur[1], ont été mis à ma dispoposition ; parmi eux, il y en avait vingt-cinq qui furent vaccinés ; quinze jours après, les cinquante moutons furent inoculés avec le virus charbonneux le plus virulent ; les vingt-cinq moutons inoculés ont résisté à l'infection ; les vingt-cinq autres moutons, qui n'avaient pas été inoculés auparavant, moururent du charbon dans l'espace de cinquante heures. Depuis ce moment je n'ai pu suffire à fournir la quantité de vaccin que me demandent les fermiers. Dans l'espace de quinze jours, nous avons inoculé dans les départements qui entourent Paris, plus de vingt mille moutons, ainsi qu'un grand nombre de vaches et de chevaux. »

Enfin la science peut crier victoire ! L'homme a vaincu le microbe. Depuis Jenner, qui le battit, sans l'avoir vu, plus décisif combat ne lui avait pas été livré. Les consé-

10 moutons sur 10, au bout de 8 jours n'en tue plus que 4 sur 5, et au bout de 12 jours n'en tue plus du tout. Elle ne fait alors que communiquer une maladie bénigne qui préserve de la maladie mortelle.

M. Chauveau agit en mettant une goutte de sang charbonneux dans un bouillon de poule stérilisé qu'il soumet, pendant vingt-quatre heures environ, à la température de 42° à 43° ; puis, dans une seconde opération, pendant vingt-quatre heures, à la température de 47°. Alors, les filaments et bâtonnets du *Bacillus* sont rendus inoffensifs. (*Acad. des sc. de Paris*, séance du 24 févr. 1883.)

D'après les dernières expériences de M. Chauveau, ce serait l'action combinée de l'oxygène avec la chaleur qui assurerait le mieux la transmission des caractères acquis dans les cultures du *Bacillus*. (*Acad. des sc.*, séances du 13 mars 1883 et du 2 mai 1883.)

MM. Chamberland et Roux ont aussi démontré que la bactérie du charbon est modifiée dans sa virulence et perpétue ses qualités nouvelles, lorsqu'elle pullule dans un milieu additionné de certaines substances antiseptiques, notamment d'acide phénique et de bicarbonate de potasse. (*Acad. des sc.*, séance du 9 avril 1883.)

1. Discours de M. Pasteur au congrès médical de Londres, 1881.

quences en sont incalculables encore. Est-ce la promesse du triomphe définitif?

A l'histoire de ce Bacillus anthracis est liée celle du *Vibrion sceptique.* M. Pasteur a constaté la présence de germes dans toutes les terres végétales qui recouvrent des animaux morts du charbon. Il semble exister dans le tube digestif. Après la mort, lorsque la destruction de la muqueuse intestinale commence, il passerait dans la sérosité, dans le sang, à travers les tissus décomposés des parties profondes, et prendrait part aux phénomènes de la putréfaction. Souvent il devient terrible et entreprend son œuvre sur le vivant. Alors il tue la mère, avant qu'elle ait donné les premières gouttes de son lait à l'enfant qu'elle a mis au monde; il achève le soldat tombé sur le champ de bataille; il arrache au chirurgien l'opéré qu'il vient de sauver. Il se fait l'hôte assidu des hôpitaux et des maternités. Le blessé, épuisé par les privations, abattu par le chagrin, débile, de résistance vitale insuffisante, est sa proie. Les germes s'introduisent, avec les aliments, dans les intestins, se déposent à la surface des plaies. Dès que les circonstances sont favorables, le microbe se développe, se multiplie, glisse en serpentant entre les globules du sang, pénètre à travers les chairs, qui se ramollissent, s'infiltrent d'un pus blafard, gangreneux, verdâtre; la fibrine est décomposée ; de l'acide carbonique, de l'hydrogène et des gaz putrides se dégagent : c'est la septicémie ou la fièvre puerpérale. La malheureuse victime n'est pas encore morte, et déjà elle est un cadavre. Le monstre est anaérobe; il est polymorphe, semblable à un filament flexueux, tantôt très long, tantôt piriforme comme un battant de cloche. Il est quelquefois associé à des microbes en chapelet, presque toujours au *Vibrion pyogène*, un ferment dodu, d'aspect gélatineux, étranglé en son milieu. Heureusement, contre ces ennemis invi-

sibles, nous sommes maintenant fortement armés. Il est nombre d'hospices et de maternités d'où ils sont définitivement délogés.

Tandis que les expériences sur le charbon suivaient leur cours, avant même que l'on fût arrivé aux résultats que nous venons de signaler, des chercheurs se livraient à des travaux analogues; ils dirigeaient leurs investigations sur des maladies aux causes jusqu'alors inconnues, et ils surprenaient parmi les organismes microscopiques plus d'un malfaiteur dont la science n'avait pas encore soupçonné l'existence.

MM. Crudeli, Klebs, Laveran ont vu les microbes des fièvres paludéennes, de la malaria[1], ces impitoyables petits êtres qui ne permettent pas à l'homme de vivre sur le sol qu'ils occupent. Ce sont des Bacillus filamenteux, dont l'épaisseur mesure à peine un millième de millimètre. Les espèces en sont nombreuses. Leurs germes, déposés dans la terre, en sortent avec les vapeurs, flottent à sa surface, le matin, le soir, les jours humides, mêlés aux brumes, aux buées, aux vésicules aqueuses. Introduits dans le corps humain ils s'attaquent aux globules du sang, qu'ils détruisent. Ils vivent partout, sous toutes les latitudes, sont maîtres d'immenses territoires en Amérique, en Afrique, à l'équateur, au nord, au sud; ils désolent la Campagne romaine, la Maremme toscane, notre Sologne, nos côtes basses, nos plaines marécageuses. Le nègre seul peut les braver; le blanc succombe, s'il résiste, il est atteint dans ses forces, dans son intelligence, abâtardi, dégradé, avili. Les microbes le frappent jusque dans sa race.

1. Voir travaux de **MM. Thommasi**, Crudeli, Klebs, Laveran, Salisbury et Richard.

M. Obermeier[1] a découvert l'auteur de la fièvre récurrente.

C'est une petite algue filamenteuse qui se montre sous une forme spiralée très élégante; elle se meut, tourne sur elle-même, ondule (fig. 54). M. Cohn lui a donné le nom de *Spirochæta Obermeieri*. Les filaments envahissent les vaisseaux sanguins et s'y multiplient. Ils se nourrissent de notre sang, de notre lymphe, troublent la nutrition de nos tissus, nous empoisonnent de leurs sécrétions. La soustraction faite à notre organisme s'accompagne de frissons, d'élévation de température, de prostration, de douleurs. C'est l'accès de fièvre; le malade subit une crise. Puis les principes du sang étant épuisés, les microbes ne trouvent plus d'aliments; alors ils se résorbent; c'est la période de repos, qui dure quelques jours. Mais les membranes, en disparaissant abandonnent des spores; celles-ci germent, émettent des filaments, et comme durant ce calme le sang s'est un peu régénéré, les nouveaux ferments peuvent s'alimenter aux dépens du nouveau sang. C'est le moment d'une deuxième crise, plus forte que la première, car d'une part le sang est moins riche, de l'autre les microbes sont plus nombreux. Ainsi chaque accès de fièvre est suivi d'un repos, et chaque repos d'une crise de plus en plus grave.

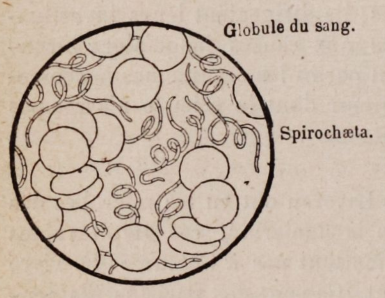


Fig. 54. — Spirochæta Obermeiri.

A un microbe aussi nous devons la fièvre typhoïde. Bretonneau, Gendron, Budd avaient jadis affirmé la con-

1. En 1873.

tagiosité de la maladie. Klein en a aperçu le coupable et l'a pris pour un Micrococcus. Cohn l'a découvert dans l'eau d'un puits, d'où il infectait tout un quartier de Breslau. Il semble être un champignon avec deux longs filaments de mycélium (*Crenothrix polyspora*). Il se propage d'intestin en intestin. Infime, presque inerte, il se loge sous la muqueuse, dans les plaques de Peyer, dans les follicules de Brunner; parfois il gagne les enveloppes du cerveau, et va jusque dans l'organe de l'intelligence porter le désordre et le délire. Il vit exclusivement dans le corps humain, s'en échappe avec les déjections, s'abandonne aux eaux, qui le transportent, se glisse dans le sol. Terrible, il tue, tantôt avec violence, en masse, tantôt en manière d'endémie, lentement, mais non moins sûrement. Il choisit les hommes jeunes, les robustes, en France seulement, plus de cent mille chaque année! Vingt mille périssent; des centaines sont estropiés, amoindris dans quelqu'une de leurs facultés.

Et la tuberculose! Encore l'œuvre d'un microbe. On se doutait depuis longtemps que la mortelle affection était contagieuse. Souvent elle était apparue dans les casernes, les couvents, les pensionnats, avec un caractère de généralité qui avait éveillé des soupçons. Que de fois on avait vu une belle et forte jeune fille, devenue la femme d'un phtisique, pâlir, tousser, maigrir, s'alanguir, puis mourir poitrinaire; ou encore un homme fort, vigoureux, être contaminé par la femme chétive et frêle qu'il avait épousée. Le docteur Villemin, en 1865, avait réussi à inoculer le virus tuberculeux à des lapins; le docteur Krishaber, à des singes. La maladie devait être microbienne. Klebs, Schuller, Toussaint firent des recherches minutieuses, savantes. Enfin le docteur Koch signala un Bacillus qu'il parvint à isoler, à cultiver. Le docteur Cornil l'a depuis étudié dans les méninges, dans le péritoine, dans la plèvre. Nul microbe n'est plus

redoutable. Il envahit lentement sa victime, dévore, creuse ses poumons, use les cordes de sa voix, la consume, l'asphyxie, éteint sa vie peu à peu, pendant de longues années. Combien il en conduit ainsi au tombeau, jour par jour, pas à pas, avec la fosse béante, inévitable, devant les yeux. Certaines natures cependant sont pour lui un terrain peu propice ; il y prospère peu, mais pourtant s'y acclimate. Il est peu de poitrines où il n'ait pénétré et vécu. Lorsque cinq personnes sont réunies, quatre portent le microbe dans leurs poumons. Le quart de ceux que la mort frappe chaque année sont tués par lui. Il habite toutes les parties de notre globe. L'Océanie ne le connaissait pas, les Européens l'y ont importé, et il décime ses habitants. Souvent il arrive aux heures tristes. Il aime les jeunes. Malheur au jeune homme faible, nerveux, lymphatique, anémié! Malheur à la jeune femme inactive, frêle, indolente, impressionnable!...

Qui nous armera d'un vaccin contre le monstre? Après le charbon, après la rage, la phtisie.

Le choléra est également une épidémie microbienne. Mais quel est le microbe? On le recherche activement. On espérait le découvrir en Égypte. Une mission allemande et une mission française y sont allées. Le docteur Koch a cru le voir; les médecins français l'ont aperçu. Personne n'a osé affirmer. On avait si souvent suivi de fausses pistes. Koch plus opiniâtre, plein de soupçons, est parti pour l'Inde. Il ne s'était point trompé. Il l'a vu à Calcutta, nettement, en abondance; il l'affirme. C'est un Bacillus transparent, incolore, ce qui lui a permis jusqu'à présent de se dérober aux investigations. Il apparaît comme une infime parcelle de verre, en forme de virgule, de demi-cercle, nageant avec une extrême vitesse dans les liquides où on le cultive. Il habite l'intestin grêle, jamais l'estomac, vit dans les vésicules aqueuses, sur le linge souillé par les déjections

des malades, de même à la surface de la terre humide. C'est un « insecte hydrophile », disait déjà Raspail, qui l'avait deviné en étudiant les circonstances de ses déprédations. La dessiccation le fait périr en quelques heures ; les vents qui l'enlèvent le sèchent en route ; il voyage lentement, de maison en maison, de ville en ville, porté par l'homme lui-même ou la mouche qui voltige. Une très petite quantité d'acide libre le tue, tandis que les substances nutritives à réaction alcaline lui sont un excellent milieu[1]. Les spores sont plus vivaces. Entraînées par les eaux dans le sol, elles y vivraient, y persisteraient et occasionneraient les épidémies spontanées, locales. Est-ce bien là le véritable malfaiteur, le microbe du choléra? Cela est possible. Quand il nous vient d'Asie, il se précipite, invincible, foudroyant. Quelquefois des navires nous l'ont apporté. Parfois il a fait route avec des pèlerins, au retour de la Mecque. Souvent il est sporadique et sort alors de notre sol même, où il paraît s'être acclimaté. Il est alors atténué, plus facile à combattre. De strictes précautions hygiéniques peuvent en arrêter la propagation.

Il faut nommer encore le microbe de la variole. Que de ravages n'a-t-il pas faits autrefois ! Il a été assurément l'un des plus grands malfaiteurs de son espèce. Il est aujourd'hui non moins redoutable, quand on n'a pas pris de précautions contre son invasion. C'est une très simple cellule. Dès qu'il a pris possession de notre corps, il se laisse transporter par les courants sanguins, se développe, se multiplie et vient se loger, en certains points,

1. Il importe, dans la contrée envahie, de s'abstenir de manger en trop grande quantité des fruits dont la réaction est alcaline. Le microbe serait détruit par les acides de l'estomac. Mais lorsque ces acides sont très dilués par les boissons, ou lorsque des troubles digestifs changent les réactions de l'estomac, il peut résister et gagner l'intestin, où il devient si dangereux.

sous la peau, s'y accumule, détermine une altération des papilles, du corps muqueux, y creuse des quantités de vacuoles qui se remplissent d'un liquide extravasé des capillaires et soulèvent la peau en pustules. On l'a découvert récemment. On l'avait vaincu sans le connaître. En se défendant contre le crime, on avait détruit le criminel. Dès le dix-huitième siècle, un effort immense avait été fait pour en triompher. Les Orientaux avaient imaginé de se varioliser en pleine santé; les Arabes font encore ainsi. Ils essayaient de se donner une affection bénigne pour échapper à une manifestation plus grave. Quelquefois ils réussissaient. Les Géorgiennes, jalouses de leur beauté, avaient accepté ce procédé habile, mais de médiocre résultat, dangereux, souvent mortel. En Angleterre et en France, on commençait à les imiter, lorsque Jenner apporta un talisman. Observateur de génie, il avait vu le hasard préserver les vachères; il imita le hasard, emprunta au pis de la vache le virus du *cow-pox*, un virus atténué du *horse-pox*, la variole du cheval; il l'introduisit dans nos veines et nous fit indemnes. Sans s'en douter, il rendait notre sang impropre à la vie du microbe varioleux. Que de millions d'hommes n'a-t-il pas sauvés! Aussi, que de sarcasmes, d'injures, de railleries lui ont été prodigués. Souvent, hélas! à l'opprobre dont le bienfaiteur est l'objet se mesure le bienfait. La vanité et l'envie ne sont-elles pas sans cesse prêtes à dépouiller quelque homme de génie ou de cœur? Plus d'un meurt de désespoir. Alors l'oubli couvre sa tombe, jusqu'à ce qu'on se souvienne de lui pour contester un service nouveau, accabler une nouvelle victime. C'est le moment dont profite l'orgueil des compatriotes pour s'élever sur quelque place publique, sous les traits et le nom du ressuscité, une statue en marbre ou en bronze. *Omnia vanitas*. Pour Jenner, il y eut un retour, de son vivant, et le Parlement anglais s'honora en lui décernant une récompense nationale.

Nous ne pouvons entrer ici dans le détail de tous les travaux qui ont eu pour résultat la découverte de malfaiteurs microscopiques. Disons seulement que les microbes ont été surpris en flagrant délit dans maintes circonstances, et qu'on les accuse d'être les auteurs de la rougeole[1], du charbon symptomatique[2], du mal rouge des porcs[3], de la lèpre[4], de l'érysipèle, de la dysenterie, de la fièvre jaune, du goître, etc. Pour quelques-uns, les preuves sont accablantes.

On n'est même pas éloigné de leur attribuer la morve et la rage[5]. On a constaté que la salive d'un cheval morveux inoculée à un âne lui a communiqué la maladie[6]. On s'est assuré également que la salive du chien enragé, recueillie sur l'animal vivant et conservée dans l'eau, est encore virulente vingt-quatre heures après[7]. L'eau de l'abreuvoir dans lequel un cheval morveux s'est désaltéré, celle d'un vase dans lequel un chien enragé a laissé tomber sa salive peuvent donc servir de véhicule aux virus[8].

D'après le docteur Klebs, les affections parasitaires causeraient à elles seules plus des deux tiers de la mor-

1. Travaux de M. H. Lebel.
2. Travaux de MM. Toussaint, Arloing, Cornevin et Thomas.
3. Travaux de M. Pasteur.
4. Travaux de M. Babes.
5. Des expériences de MM. Galtier et Pasteur ont démontré que le sang d'un chien enragé ne transmet pas la maladie, mais qu'une partie de sa substance cérébrale communique la rage à coup sûr.
Au moment où nous mettons sous presse, le *Journal officiel* publie une lettre et un rapport présentés au ministre de l'instruction publique, par la commission chargée de contrôler les expériences de M. Pasteur, sur la découverte qu'il vient de faire d'un virus vaccin contre la rage. La commission confirme le résultat de ces expériences. L'effroyable maladie est désormais supprimée.
6. M Galtier, *Acad. des sc. de Paris*, 6 sept. 1880.
7. M. Galtier, *Acad. des sc. de Paris*, 25 août 1879.
8. Si de tels faits ne nous mettent point sur la trace des microbes, ils nous éclairent du moins sur le danger des abreuvoirs communs en temps d'épidémie.

talité générale. Nous sommes loin de connaître tous les microbes malfaiteurs; mais il n'est plus permis de nier leur existence. « Comme les étoiles, dit M. Bouchardat, dont on admet avec certitude l'existence dans l'infini des cieux, au delà des limites accessibles à nos instruments, c'est l'imperfection seule de nos moyens qui nous a empêchés de les découvrir. »

On conçoit que si des ferments répandus dans l'air ou provenant du contact d'un malade pénètrent par les voies respiratoires ou par une blessure dans le corps d'un être vivant, que si celui-ci, par son tempérament ou une disposition accidentelle, leur fournit un milieu favorable, ils se propageront avec la rapidité que nous connaissons. Alors, soit qu'ils provoquent dans les liquides des dédoublements et autres décompositions funestes, soit qu'ils enlèvent aux cellules au milieu desquelles ils sont les éléments nécessaires à leur vie, soit enfin qu'ils sécrètent des diastases qui agissent comme de véritables poisons, ces organismes n'en causent pas moins des désordres extrêmes dont la maladie et la mort sont la conséquence.

La théorie d'après laquelle toutes les maladies contagieuses relèveraient de l'invasion des microbes, même celles dans lesquelles on n'a pu apercevoir aucun organisme, a pris de nos jours une grande autorité; mais on n'est pas d'accord sur la nature des microscopiques accusés de tant de forfaits. Quelques-uns les considèrent comme des séminules d'animalcules inférieurs, d'autres comme de simples parasites cryptogamiques, d'autres comme des ferments, champignons ou algues.

D'après M. Béchamp[1], les granulations d'une extrême petitesse, (*granulins*) qui se trouvent dans le corps de tous les êtres vivants, particulièrement dans le sang,

1. Béchamp, *Les Mycrozymas et les Zymases*. (*Archives de physiologie*, 1882.)

seraient des germes qui demeurent le plus souvent inoffensifs, mais sont toujours prêts à se développer, dès que la vie s'alanguit ou qu'une perturbation dans les fonctions se manifeste. Les conditions de régime, de climat, de milieu, en un mot, seraient dans ce cas prépondérantes.

Que penser de cette théorie? Elle ne s'appuie sur aucune démonstration expérimentale; elle n'est qu'une hypothèse.

Il est incontesté que des germes et des végétaux adultes microscopiques sont répandus dans l'atmosphère en quantités considérables. Nos yeux imparfaits, quoi qu'en disent les admirateurs de toutes choses, et particulièrement d'eux-mêmes, ne voient pas ces organismes qui pullulent dans l'air, en centaines de millions, plus nombreux que les feuilles de nos arbres, que les brins d'herbe de nos prairies. Nous nous promenons dans la campagne, et nous nous imaginons n'aspirer que l'air pur et le parfum des fleurs.... Hélas, quelle illusion! Dans le parc de Montsouris, par exemple, ce parc si frais, si vert au printemps, où l'air est si délicieux à humer, M. Miquel a constaté que nous n'introduisons pas moins de 104 germes de microbes par heure dans nos poumons, soit 2500 par jour. En rase campagne, dans la solitude des champs, où l'atmosphère semble si limpide, il y a, mêlés au pollen et aux débris des plantes, de 30 à 40 microgermes par mètre cube. Sur les montagnes, cette quantité diminue; mais il faut s'élever jusqu'à

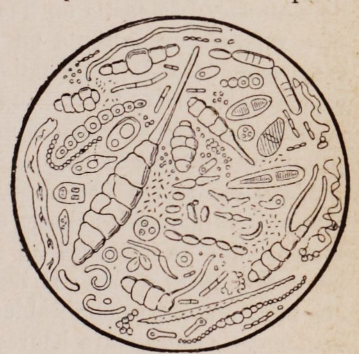


Fig. 55. — Microbes de l'air.

deux à trois mille mètres d'altitude, atteindre les glaciers des Alpes, pour avoir de l'air qui n'en contienne pas, bien que, même à ces hauteurs, on en ait constaté l'existence [1]. Dans nos villes, combien plus grand en est le nombre, et dans nos maisons, combien plus encore! Dans la rue de Rivoli, il est de 400 par mètre cube en hiver, et de 1500 en été. M. Miquel a trouvé dans sa chambre à coucher, rue Monge, 3800 microbes par mètre cube au printemps, et 6500 en hiver. Ils se déposent partout. Nos vêtements en sont couverts, nos meubles, nos livres, les murs, les tentures de nos demeures, nous-mêmes. On en a vu jusque sous les reliefs des pièces de monnaie. Les fruits de nos tables, si beaux, si colorés, veloutés ou luisants en sont chargés, et nous les respirons avec les émanations des fleurs dont nos salons sont ornés. Quant aux salles des hôpitaux, où sont agglomérés de pauvres malades, c'est jusqu'à 5208 par heure et 125 000 par jour que chacun en aspire [2].

L'eau qui sert à nos ablutions, qui purifie (nous le croyons du moins) les choses qu'elle lave, l'eau que nous buvons, que de microbes ne nourrit-elle pas? L'air ne porte que leurs spores ; là ils éclosent et se multiplient. Ils apparaissent innombrables dans l'eau qui séjourne seulement vingt-quatre heures au milieu de nos appar-

1. De juin à septembre 1882, à Paris, tandis qu'à la mairie du IVe arrondissement (à 44 mètres au-dessus du niveau de la mer) on trouvait 3220 bactéries, par mètre cube, et au parc de Montsouris (62 mètres au-dessus du niveau de la mer) 320, au sommet du Panthéon (à 135 mètres d'altitude) il n'y en avait que 198.

2. Les spores de végétaux cryptogamiques sont, au contraire, répandus dans l'air en nombre beaucoup plus considérable à la campagne que dans les villes. D'après M. Miquel, un homme introduit par jour, dans ses voies respiratoires, suivant qu'on le suppose vivant dans une salle de l'Hôtel-Dieu ou dans le parc de Montsouris:

	Hôtel-Dieu.	Parc de Montsouris.
Spores de cryptogames. . . .	80 000	300 000
Germes de bactériens, bactéries ou vibrions.	125 000	2 500

tements. Et l'eau des rivières! Elle charrie en abondance des microbes de toutes sortes. On en a compté une moyenne de 62 par centimètre cube dans la Vanne, et de 1200 dans la Seine[1]. Un habitant de Paris qui consomme par jour un litre d'eau de Seine, en absorbe 1 200 000. L'eau de la Vanne, plus pure, lui en donne seulement 62 000, chiffre déjà respectable. Un simple verre d'eau de Vanne en contient 15 000, et un verre d'eau de Seine 300 000. Lorsque la Seine a traversé Paris, le nombre de ceux qui s'y baignent s'élève à 180 000 par centimètre cube, soit 180 000 000 par litre, et le malheureux Parisien qui, l'été, va si joyeusement à Asnières dîner d'une friture de goujons, et qui, en s'acheminant sur les rives fleuries, se penche pour demander un verre d'eau fraîche au courant limpide, ne se doute pas qu'il puise et boit d'un trait 60 000 000 de microbes! Seule, l'eau des sources ne présente pas de germes; ils abondent dans l'eau des pluies d'où elle provient; mais la terre qu'elle traverse la filtre et retient les microgermes [2]. La pluie lave l'air, la terre purifie l'eau.

Si les germes pullulent ainsi dans l'atmosphère, comment pouvons-nous vivre au milieu d'eux, lorsqu'un seul, grâce à sa fécondité prodigieuse, serait capable de nous donner la mort? Rassurons-nous. Tous ces germes sont loin d'éclore. Les microbes subissent la loi qui régit la reproduction des êtres inférieurs, leurs germes ne sont pas tous aptes à se développer, et d'autant moins que l'espèce est plus prolifique. Dans leur monde même, ils ont des ennemis qui les entourent de toutes parts; dans la plus petite goutte d'eau, sur la moindre

1. Les eaux d'égout en contiennent jusqu'à 20 000 par centimètre cube, soit 20 000 000 par litre. Tous ces chiffres, dus au travail de M. Miquel, sont empruntés au rapport de M. Marié-Davy à la commission municipale de climatologie, appliquée à l'hygiène de la ville de Paris, 1880, et aux Annuaires de l'observatoire de Montsouris.

2. Expériences, MM. Pasteur, Joubert et Miquel.

brindille humide, sont des Microzoaires géants, des Infusoires de proie, Rotifères, Kolpodes, Vorticelles, et les terribles Stentors et d'autres insatiables leur font incessamment la chasse. Ceux-là n'ont jamais de repos, jamais de sommeil; ils mangent toujours; tout leur être est un estomac, un creuset dans lequel afflue et se fond sans cesse de la matière vivante : ainsi périssent des milliards de cellules, monades, germes, etc. Et puis, tous les microbes ne sont pas des malfaiteurs; beaucoup d'entre eux nous sont au contraire d'utiles auxiliaires. Il en est même qui aident puissamment notre appareil digestif à accomplir ses fonctions; nous en avons vu dont les diastases rendent assimilables certaines substances albuminoïdes. On ne connaît pas, dans l'organisme animal, de liquide capable de dissoudre la cellulose, qui représente une partie si considérable des végétaux, par conséquent de nos légumes et de nos fruits; ce sont des microbes qui, introduits avec les aliments dans nos intestins, opèrent les transformations nécessaires [1].

D'autres sont très anodins, soit que nous les digérions, soit qu'ils ne puissent s'acclimater dans notre corps. Ils sont, en effet, ces infiniment petits, parfois beaucoup plus délicats qu'on ne pense. Si leurs germes, le plus souvent, bravent la sécheresse, les grands froids et les fortes chaleurs [2], toutes les températures ne leur conviennent pas. Il en est à qui quelques degrés ou même une fraction de degré en plus ou en moins peut être fatale [3]. Ils sont, en général, très difficiles pour leur nourriture : celui-ci ne peut vivre sans sucre [4], celui-là

1. On conçoit quel rôle prédominant ils jouent chez les ruminants

2. On en a vu résister à une température de 100° au-dessus et 100° au-dessous de zéro, lorsque l'action de la chaleur ou du froid n'était pas suffisamment prolongée.

3. Voir page 240, note 2.

4. Le *Leuconostoc mesenteroïdes*, fléau des industries sucrières,

sans alcool. A tel autre il faut de l'acide lactique, à tel autre de l'acide butyrique, à tel autre du soufre [1]. Un autre veut une matière azotée, un autre une peptone, un autre une matière extractive, un autre une substance amide, un autre un sel ammoniacal [2]. Il semble qu'il y ait pour chacun un aliment spécial sans lequel il ne puisse exister. Parfois cet aliment est simple, d'autres fois il est très complexe, et pour peu qu'il varie dans ses éléments ou dans leurs proportions, le petit être s'en trouve mal.

M. Raulin a pu déterminer le groupement des substances nécessaires à l'*Aspergillus niger*, plante relativement supérieure, si nous la comparons à celles que nous appelons microbes, et il a trouvé qu'il lui en faut dix différentes, dissoutes dans l'eau et en proportions bien définies, sans compter l'air atmosphérique [3].

Que l'on supprime l'une d'elles, le zinc par exemple, qui entre dans le liquide pour 1/50000, et la Mucédinée dépérit. D'autre part, ajoutez au liquide une dose homœopathique d'un sel d'argent, 1/160000 de nitrate, et la végétation s'arrête brusquement. Mieux encore,

transforme le jus de betterave en une gelée blanche dite *gomme des sucreries*, au milieu de laquelle il demeure englobé. Dans une fabrique de Lille, 40 hectolitres de sucre furent une nuit transformés en cette gelée. (Voir Van Tieghem, *Bull. de la soc. bot. de Fr.*, t. XXVI, 14 fév. 1879.)

1. Les Beggiatoa, les Sulfuraires, qui vivent dans les eaux sulfureuses, fixent le soufre dans leurs cellules, sous forme de cristaux Dans ce but, elles décomposent les sulfates des terrains que traversent les eaux ou que celles-ci tiennent en solution. La plus grande partie du soufre n'est pas absorbée par le microbe; il se combine avec de l'hydrogène, et forme cet hydrogène sulfuré qui donne aux eaux sulfureuses l'odeur d'œufs pourris qu'elles ont souvent, surtout lorsqu'on les recueille loin de leur source.

2. Voir, pour plus de détails, Marchand, *Botanique cryptogamique*, passim.

3. Sucre candi, acide tartrique, nitrate d'ammoniaque, phosphate d'ammoniaque, carbonate de potasse, carbonate de magnésie, sulfate d'ammoniaque, sulfate de zinc, sulfate de fer et silicate de potasse.

placez la petite plante dans un vase d'argent, et alors que la chimie est impuissante à découvrir dans le liquide nourricier la moindre trace de ce métal, l'Aspergillus meurt.

Quant aux microbes d'espèces redoutables, quelques-uns assurément sont tués par les sécrétions des organes digestifs [1]. Parmi les réfractaires, beaucoup ont besoin, pour envahir nos tissus, de rencontrer quelque déchirure, quelque ulcération. Contre ceux que l'air apporte dans nos voies respiratoires, nous sommes préservés de toute façon. Les poils qui tapissent l'entrée de nos narines les arrêtent déjà. Les cils vibratiles les repoussent, et les mucosités, qui en retiennent un grand nombre, les entraînent avec elles au dehors. Enfin, quand un microbe a pénétré dans ses veines, l'homme sain et de forte constitution souvent lui résiste et l'élimine [2].

Le nombre des microgermes de l'air réellement nuisibles est encore inconnu ; il forme sans doute une infime minorité. On comprend toutefois que les mêmes causes puissent favoriser le développement des malfaiteurs aussi bien que celui des inoffensifs.

On a observé quelle relation il peut y avoir entre la température, l'état hygrométrique de l'atmosphère et

1. M. Hommel attribue l'immunité des animaux, à l'égard du choléra et de la fièvre typhoïde, à la richesse en acide chlorhydrique de leur suc gastrique. Il aurait même, pendant une épidémie de typhus, réussi à préserver un certain nombre de personnes, par l'ingestion abondante de sel de cuisine, qui détermine l'augmentation de l'acide chlorhydrique normalement contenu dans notre suc gastrique.

2. Les énergies physiologiques de l'homme peuvent l'emporter sur celle du microbe, et les cellules de son organisme résister à l'action de certains ferments. Il peut être pour les germes un mauvais milieu, un terrain où ils ne parviennent ni à se reproduire ni à se développer. On conçoit de quelle importance sont ici son état de santé ou d'anémie, ses perturbations physiques ou morales, la présence dans ses tissus, de certaines ptomaïnes, son activité ou ses habitudes sédentaires, sa nourriture, son hygiène, etc.

la quantité des germes, et l'on a constaté que le nombre de ceux-ci est plus grand en été qu'en hiver, et que dans la même saison il diminue avec la sécheresse, tandis qu'il augmente avec l'humidité[1]. Dans les espaces confinés, dans les habitations qui, l'hiver, sont moins aérées, il devient considérable.

En général, les fluctuations de la mortalité par les maladies contagieuses correspondent aux variations du nombre des sporules dans l'air; mais la concordance serait probablement plus marquée si l'on pouvait mesurer la quantité des cellules nocives dans les appartements où ils se concentrent, au lieu de les rechercher au grand air du parc de Montsouris.

Il est inutile d'insister sur l'importance de ces études. Aussi long temps que la cause de certaines maladies contagieuses est restée ignorée, leur traitement a été réduit à l'empirisme. Si les véritables auteurs sont bien ceux que l'on croit avoir découverts, on peut aujourd'hui se mettre en garde contre leurs attaques. Une défense rationnelle est désormais possible.

C'est ainsi que M. Alphonse Guérin a mis en usage le pansement des plaies avec la ouate, qui est, pour les microbes, une barrière infranchissable[2]. M. Lister, d'Édimbourg, a introduit avec le plus grand succès, dans le traitement des affections chirurgicales, une méthode qui consiste à pratiquer les opérations dans un milieu aérien rendu incompatible avec la vie des ferments, par le dégagement de vapeurs phéniques. Il n'emploie que

1. L'altitude n'a pas une moindre influence. Au grand Saint-Bernard, dans une petite construction en pierre, on conserve, exposés à l'air, les cadavres de voyageurs qui ont péri dans les neiges. Ces corps ne se décomposent pas, ils sont desséchés; sans doute, parce qu'à ces hauteurs (2800 m.) les microbes de la putréfaction ne sont pas dans des conditions favorables à leur pullulation.

Nous avons souvent pensé combien serait utile l'établissement, dans ces régions, d'hôpitaux pour les affections chirurgicales.

2. *Acad. des sc.*, 18 mai 1874.

des instruments soigneusement flambés, n'approche les malades, ne les panse qu'avec des mains et des linges phéniqués, de telle sorte que les microscopiques, prêts à provoquer les fermentations septiques ou putrides, trouvent les plaies défendues par un poison qui les tue. Dans quelques hôpitaux, les malades infectés sont immédiatement séparés des autres; des médecins spéciaux les visitent seuls, pour ne point transporter les germes. Il faut voir l'admirable organisation des services de la Maternité à Paris, combien tout y est disposé pour résister à l'invasion et surtout à la propagation des microbes.

Ces précautions ont donné des résultats remarquables : l'infection purulente, la péritonite, etc., qui faisaient, il y a quelques années encore, de terribles ravages, ont à peu près disparu de nos établissements hospitaliers[1].

1. On comprend combien ces résultats sont merveilleux, si l'on songe aux ravages qu'a faits l'infection purulente jusqu'à ce jour parmi les blessés. Pendant le siège de Paris (1870), à l'ambulance du Grand-Hôtel, entre autres, plus de 60 pour 100 des opérés en sont morts.

Les cultures, dans des milieux appropriés, de certains champignons microscopiques et de microbes d'où procèdent des maladies contagieuses bien déterminées, ont montré que des modifications infinitésimales dans les substances où se font ces cultures peuvent se traduire par une influence relativement considérable sur l'activité des infiniment petits. Nous avons vu l'action si remarquable du nitrate d'argent sur l'*Aspergillus Niger*. La connaissance de ces faits et d'autres analogues conduit aujourd'hui à la recherche des agents capables de rendre le milieu humain impropre à la pullulation des germes des maladies. Les expériences de M. Thomasi-Crudeli laissent déjà soupçonner que l'arsenic, à doses homœopathiques, s'oppose dans l'homme à la propagation des microbes qui produisent la mal'-aria; celles de MM. Polli et Mazollini portent à croire que les sulfites alcalins nuisent à la multiplication des germes des fièvres puerpérales et des fièvres palustres. Enfin, d'après les récentes recherches de M. le Dr Burcq, celles-ci basées, il faut le dire, plutôt sur la statistique que sur l'expérimentation, l'imprégnation progressive du cuivre constituerait une méthode préventive contre certaines maladies infectieuses. Dans les deux épidémies de fièvre typhoïde, en 1877 et 1882-1883, les ouvriers en cuivre n'ont, paraît-il, compté que quatre victimes, tandis qu'ils auraient dû en avoir au moins cent, si la mort

Des mesures hygiéniques nouvelles, inspirées par les connaissances que nous avons acquises sur les mœurs des microbes, s'imposent désormais. Dans les hospices, les casernes, les écoles et autres lieux sujets à l'encombrement, il convient, si quelque maladie contagieuse se déclare, de renouveler les surfaces intérieures des édifices, de les enduire d'une couche de lait de chaux grasse, etc. On comprend aussi la nécessité d'ouvrir largement les fenêtres de nos habitations [1], d'y produire des courants d'air pendant les nettoyages à sec, afin d'expulser les poussières au dehors, de faire des lavages fréquents, l'eau étant, par excellence, le véhicule des germes qu'elle entraîne au loin (fig. 56). On conçoit combien il importe de changer, chaque jour, et même à chaque repas, le contenu de nos carafes. Lorsque nous pourrons choisir, l'eau de source aura toujours notre préférence, parce que la terre est le meilleur des filtres, et les eaux qui en sortent sont presque absolument pures de tout organisme.



Fig. 56. — Microbes de l'eau.

eût sévi sur eux dans la même proportion que sur les autres personnes. On a remarqué aussi que, dans l'armée, les musiciens qui jouent des instruments de cuivre avaient été épargnés.

1. Notons ici les conditions déplorables des habitations parisiennes. L'avidité des constructeurs, la complicité des architectes, et la coupable indulgence de l'administration municipale condamnent près de deux millions d'habitants à vivre dans des maisons dont les différentes pièces sont trop petites, donnant souvent sur des cours d'une étroitesse excessive. Les cuisines surtout sont le plus souvent des lieux d'infection. Ainsi la phtisie, la fièvre typhoïde règnent en souveraines.

Il est dangereux de se fier aux filtres du commerce, et même, dans les circonstances graves, il est prudent de faire bouillir l'eau dont on se sert, la température de 100 degrés tue, en général, les germes qu'elle contient.

C'est surtout pendant les épidémies que nous devons redoubler de précautions, pour nous mettre à l'abri de ces poussières vivantes qui peuvent nous apporter la mort[1].

Si la découverte des microbes est récente, le fait de l'extension de certaines maladies par l'air, les eaux ou le contact d'individu à individu, a été connu de tout temps. Les récits consignés dans les littératures du moyen âge l'ont souvent noté. Quelques-uns l'ont dit sous une forme touchante : telle la légende éclose sur les bords du Dniéper.

Gretzko était assis au pied d'un arbre, lorsqu'une femme échevelée, au visage hâve, aux yeux hagards, se présenta devant lui :

« Je suis la Peste : porte-moi, lui dit-elle ; à ce prix, je ne te ferai aucun mal. »

Il fallut obéir.

Gretzko, chargé de ce terrible fardeau, traversa la contrée, répandant la mort partout où il passait, ne laissant après lui que des hameaux déserts et des cadavres sans sépulture. Il arriva ainsi près d'une colline, au pied de laquelle serpentait une rivière et dont le sommet était couronné de cabanes aux toits de chaume.

A la vue de ces toits, Gretzko fut pris d'un tremblement convulsif. Il voulut s'arrêter, se détourner. Impossible, la Peste le poussait toujours en avant. Il entra dans la rivière.... Mais au lieu de la traverser, il s'y enfonça silencieusement et ne reparut pas.

1. En présence des faits que nous avons énumérés, il est inutile d'observer de quelle importance considérable est la très grave question de la crémation.

Le village, devant lequel il avait préféré mourir plutôt que d'y porter la peste, était le sien. Sur la colline était son pays natal.

On savait donc que la peste peut se propager par contagion. Mais l'observation n'allait pas plus loin. Encore était-elle sagement interprétée, alors seulement que le vent de la désolation ayant suspendu sa course, le cœur se détendait. A ce moment l'imagination, revenue de son affolement, faisait des rêves moins sombres et mêlait quelque vérité à ses fictions. Tant que le fléau sévissait, la terreur ouvrait carrière à toutes les suppositions mystiques, à toutes les superstitions insensées, et parfois aussi, hélas ! à toutes les sauvageries. Pendant les épidémies si diverses et si nombreuses du moyen âge, que de Juifs furent convaincus d'avoir empoisonné les fontaines ! Que de malheureux, soupçonnés d'avoir jeté des sorts, furent torturés, brûlés ou emmurés vivants ! L'antiquité s'était contentée d'accuser les dieux et, pour apaiser leur vengeance, de sacrifier quelques taureaux. Les coupables cependant n'étaient ni les sorciers ni les Juifs, ni les dieux, mais d'invisibles germes suspendus dans l'atmosphère.

Si l'on eût connu alors les véritables criminels, combien d'infortunés eussent échappé aux supplices, à la mort !

La science chasse la superstition devant elle et se fait la bienfaitrice de l'humanité : de ses œuvres naissent la vérité et la justice.

CHAPITRE XIV

LES MICROBES COLORISTES

Neiges rouges. — Protococcus nivalis. — Pluies de sang et de soufre. — Lait bleu, lait rouge. — Sueurs bleues, sueurs jaunes, sueurs rouges. — Pain sanglant. — Mers colorées.

Nous avons vu des microbes bienfaiteurs se faire nos utiles auxiliaires, augmenter les ressources de notre industrie, pourvoir aux besoins de notre existence ; d'autres, au contraire, impitoyables agents de mort, nous déclarer une guerre sans merci, détruire nos étables, couvrir de cadavres le sol des rues, et compter en quelques heures plus de victimes que n'en font vingt batailles.

Il en est qui ont un rôle tout différent. Ils sont coloristes. Sans relation avec les hommes, on ne leur connaît aucune action sur les choses. Ils paraissent ignorer, la plupart du moins, l'œuvre de fermentation. Ils n'en ont pas moins attiré l'attention, et souvent frappé l'imagination populaire. Ce sont des inoffensifs, et s'ils terrifièrent parfois les esprits naïfs, ils en furent bien innocents. Véritables artistes, ils semblent n'exister que pour la joie de s'épanouir et la satisfaction d'étaler au soleil leurs vives couleurs. A peine ont-ils une histoire. Il faut bien en parler cependant.

Que de fois le voyageur les a rencontrés au sommet des Alpes, dans les régions des neiges éternelles. Transformant en tapis de pourpre les blancs névés, ils le sur-

prenaient de leurs apparences inattendues et ravissaient ses regards de leur éblouissant éclat. Le navigateur les a vus s'étendre sur les océans, dans l'immensité des eaux, et prêter aux flots les tons variés du riche plasma qui resplendit à travers leur enveloppe cellulaire, comme de vives couleurs sur une chaude palette.

Un matin du mois de mars 1808, les habitants des territoires de Cadore, de Bettune et de Felt, en Italie, trouvèrent le sol recouvert d'une immense couche de neige rouge. Grand fut l'émoi des populations. Évoquant le sanglant souvenir des guerres récentes, la superstition prétendit voir dans ce phénomène de terribles présages, et la neige rouge s'appela bien vite *mer de sang*.

Quelques-uns, moins timorés, prenaient plaisir à cette nouveauté et observaient que la prétendue *neige rouge* était rose. Ceux-là même reconnurent trois couches superposées : une blanche, étendue immédiatement sur la terre, au-dessus une rouge, puis une blanche; la dernière tombée, laissant voir par transparence, à travers ses cristaux, la couche placée au-dessous d'elle, en atténuait la nuance, et, mêlant le blanc au pourpre, offrait aux regards la douce teinte qui n'a jamais rien eu de sinistre. On n'en trembla pas moins. Il est possible d'ailleurs que la neige, fondue aux rayons du soleil, ait produit des nappes d'eau à la surface desquelles flottaient les éléments rouges, que l'on sait aujourd'hui être des algues et qui, alors, apparurent comme les ondes sanglantes d'une mer miraculeusement formée.

Quoi qu'il en soit, ce fut un événement dont les gazettes du temps jasèrent. Ce spectacle a depuis mainte fois attiré l'attention, et la science, qui n'a ni secret ni superstition, a ramené le prodige à la réalité; elle a montré dans la terrifiante apparition de la mer de sang une simple production botanique.

Déjà en 1760 H. B. de Saussure faisant une ascen-

sion dans les Alpes suisses, avait été vivement surpris de se trouver en présence de neiges rouges dont il ignorait l'existence. Il observa ensuite le même phénomène sur divers points de la même chaîne. Après lui, un grand nombre de voyageurs l'ont signalé. Ramond l'a remarqué dans les Pyrénées, d'autres en Norvège, dans les régions polaires.

Depuis, tout le monde l'a vu. Le capitaine Ross rapporte avoir parcouru près de la baie de Baffin, en 1819, une étendue de plusieurs kilomètres carrés tapissée de cette neige, et il a constaté que la coloration pénétrait en certains endroits jusqu'à trois et quatre mètres de profondeur.

En 1808, le phénomène était bien connu des naturalistes; mais les paysans italiens ne pouvaient en soupçonner la cause. L'ignorance est féconde en superstition; au lendemain de longues guerres, elle explique la terreur des pauvres gens.

Quelques-uns prétendent avoir vu des *neiges vertes*. Celles-ci au moins auraient dû apporter aux natures impressionnables de riants présages; aucune légende cependant n'a recueilli le souvenir de leur apparition et, si elles existent, elles sont sans histoire.

Lorsqu'on place un peu de neige rouge sous un microscope, dans une tiède atmosphère, les cristaux fondent en gouttelettes et de petites sphères apparaissent à la surface liquide. Chacune d'elles est une algue unicellulaire dont la membrane transparente renferme un protoplasme coloré. Si l'on poursuit l'observation, on aperçoit, dans l'intérieur des cellules, le protoplasme se condenser en granules qui nagent dans une substance liquide; puis les granules grossissent, s'agitent dans leur enveloppe, la déchirent et s'échappent; ce sont des spores. Libres, ces spores ne tardent pas à devenir elles-mêmes des vésicules semblables à celles dont elles sont nées. Tout cela se passe en quelques instants. Quelques heures

encore, et les nouvelles et imperceptibles sphères auront essaimé d'innombrables générations.

Les algues des neiges, comparées aux microscopes dont nous avons parlé jusqu'ici, sont énormes; leur diamètre mesure jusqu'à un trois-centième de millimètre, presque le dixième de l'épaisseur d'un cheveu; c'est à peine si nous osons attribuer le nom de microbes à ces géantes du monde des Infiniment Petits. On les appelle *Protococcus nivalis*[1].

Quelques espèces de ces algues unicellulaires pullulent dans les eaux[2]. Elles prennent, à certains moments de leur existence, les nuances les plus vives et sont en telle abondance, que les mers où elles habitent semblent elles-mêmes teintes de leurs couleurs[3]. Ainsi le *Trocho-*

1. De nombreuses espèces d'algues qui, à certaine phase de leur développement, affectent la forme unicellulaire, ont été confondues sous les noms de *Protococcus*, *Hematococcus*, *Chlamidococcus*, *Chlamidomonas*, *Palmella cruenta*, etc. M. Griffith, qui a recueilli et conservé dans l'eau, durant des années, le *Protococcus nivalis*, dit avoir vu cette algue perdre peu à peu sa coloration rouge et en acquérir une verte qui lui donnait tout à fait l'aspect du *Protococcus viridis* (Protococcus vert) que l'on rencontre sur la terre humide et l'écorce des arbres. M. Griffith pense aussi que le *Protococcus nivalis* se reproduit non seulement par spores, mais aussi par division des cellules, lorsque sa végétation devient plus active. (*The Micrographic Dictionary*, by. J. W. Griffith, 1883.)

2. La plupart, pense-t-on, appartiennent à la famille des *Bactériacées*.

3. La quantité de ces algues nécessaire pour colorer si richement, en certaines circonstances, les océans, est considérable. Nous ne devons point nous en étonner. Combien plus nombreux furent les petits êtres qui ont accumulé leurs dépouilles dans les mers et les lacs antédiluviens! On sait depuis Ehrenberg que les roches siliceuses connues sous le nom de *tripoli* sont exclusivement formées des débris d'un monde microscopique disparu. Ce grand observateur considérait ces restes fossiles comme ayant appartenu à des animaicules. On a reconnu aujourd'hui qu'ils proviennent d'algues *diatomées* dont les inscrustations siliceuses ont subsisté. Schleiden a calculé qu'il y en a plus de quarante millions dans un pouce cube de tripoli de Bilin; or ces roches occupent en Bohême une surface de 8 à 10 lieues carrées, sur une épaisseur de 1 à 5 mètres. Et il y

desmium Erythreum prête souvent à la mer Rouge ses tons de pourpre[1]; d'autres assombrissent de leur noire couleur les flots qui baignent les Maldives; d'autres blanchissent les eaux dans le golfe de Guinée, d'autres donnent des reflets jaunâtres à la mer Vermeille, verts au golfe Persique, verdâtres aux Canaries et aux Açores[2].

Un grand nombre de ces cellules colorées vivent dans les infusions de matières végétales, dans les mares ou dans les eaux saumâtres. Les *pluies de sang* et les *pluies de soufre* dont on a souvent parlé leur sont dues le plus généralement. Entraînées avec les vapeurs qui naissent

en a un peu partout, dans l'Ile-de-France, en Auvergne, dans les provinces de Tripoli, d'Oran, etc. Les microphytes qui les composent à peu près exclusivement étaient quelquefois si vivement colorés, qu'aujourd'hui certains tripolis employés, soit à peindre les maisons, soit à donner le poli aux objets de cuivre, sont encore jaunes ou rouges. Marcel de Serres attribue la nuance parfois rougeâtre du sel gemme aux microscopiques qui vivent dans les eaux où il s'est formé. De même il considère la couleur rouge des cornalines comme due aux squelettes d'infiniment petits que renferment ces pierres.

On sait que dans l'Orénoque, sur les bords de l'Amazone, en Bolivie, dans les forêts de la Caroline et de la Floride, dans la vallée d'Ebron, etc., il existe certaines terres comestibles dont se nourrissent quelquefois les habitants. Les Lapons font une sorte de pain avec une *farine fossile*, quand ils manquent de céréales. Ces terres et ces farines fossiles, dont quelques-unes sont plus ou moins colorées, doivent leurs qualités nutritives à des substances organiques, restes d'êtres microscopiques. On voit en quelles agglomérations ceux-ci devaient exister.

1. Ehrenberg qui a étudié ce phénomène a vu un jour cette mer couleur rouge de sang. Les algues y étaient en si grande quantité, qu'elles se déposaient sur le rivage en amas gélatineux formés de cellules agglomérées.

2. On pourrait croire que la phosphorescence de la mer est due à des microbes végétaux. Il n'en est rien; elle est produite par des infusoires, bien petits eux aussi, les *Peridinium* et la *Noctiluca miliaris*. Chaque Noctiluque donne naissance à 256 ou 512 individus, suivant le moment où s'arrête la segmentation de son contenu. Cette fécondité explique comment le nombre de ces petits animaux est parfois assez considérable pour donner à la mer une apparence laiteuse ou phosphorescente.

des eaux et s'élèvent en nuages, enfermées dans les vésicules aqueuses, comme dans de petits mondes, les minuscules végétations sont emportées dans les régions supérieures. Elles trouvent dans l'atmosphère humide les éléments de leur existence, elles s'y multiplient, et, transportées à travers l'espace, elles vont, où le vent les pousse, tomber avec les pluies et teindre le sol de leurs couleurs de sang ou de soufre [1].

Ces phénomènes n'étaient pas ignorés des anciens. Aristote lui-même a décrit la neige rouge. L'imagination populaire avait, alors aussi, été vivement impressionnée par l'apparition des pluies de sang. On racontait que, lorsque Xerxès gravit le mont Athos, des présages funestes se manifestèrent, et que le contenu d'une patère portée par les esclaves fut changé en sang à trois reprises différentes. Les anciens auteurs rapportent qu'au troisième siècle avant notre ère, à l'époque de la conquête romaine, les rivières du Picenum charrièrent du sang vers la mer.

Ce sont encore des Bactéries colorées qui donnent au lait et à la sueur diverses teintes et produisent ce que l'on a nommé le *lait bleu* [2], le *lait rouge*, les *sueurs bleues*, les *sueurs jaunes*, les *sueurs rouges*.

Le *pain sanglant* qui a fait, dans le monde des superstitieux, non moins de bruit que la mer de sang, est également l'œuvre d'une algue merveilleuse, le *Micrococcus prodigiosus*. Ce microbe décompose, liquéfie les matières amylacées et sécrète une substance rouge carmin [3] qu'il y mêle. Ainsi le pain est transformé en une sorte de gelée

1. Suivant quelques zoologistes, plusieurs infusoires de couleur rouge, parmi lesquels l'*Euglena sanguinea* et l'*Astasia hæmatodes*, contribuent à la coloration rouge que présente parfois la pluie comme la neige.

2. Étudié par M. Wernich.

3. La composition chimique de cette matière est la même que celle des couleurs d'aniline.

fluide et rutilante, qui s'agglomère en petites masses semblables à des caillots de sang[1].

Combien se réduisent à des explications simples les faits que l'ignorance avait grandis jusqu'aux proportions du fantastique ou de l'horrible ! Tous ces prodiges n'ont plus rien de terrifiant; le prestige d'épouvante s'est évanoui ; et nous connaissons, dans leurs réalités tangibles, des merveilles insoupçonnées. Les créations imaginaires une à une se dissipent; mais en même temps se révèlent à nous des existences bien autrement intéressantes. Au lieu des mystiques interventions de puissances surnaturelles, il y a l'innocente action de minuscules végétaux qui apparaissent en myriades dans les océans et les nuages, et qui, satisfaits d'étendre leurs rapides générations sur un flocon de neige, de peupler une goutte d'eau, une vésicule de vapeur, n'ont nul souci de porter aux hommes les messages du destin.

Suivant que le soleil d'un rayon oblique mollement les caresses, ou que l'astre au zénith leur prête ses pinceaux de feu, les poussières vivantes damasquinent les vagues de mouvantes arabesques ou, frémissantes, enflammées, bondissent et ruissellent, plus resplendissantes que ne le seraient des coulées de rubis, de topazes, de saphirs et d'émeraudes.

Et les flots, à nos regards ravis, s'animent de la vie des petites algues en nombres non moins incommensurables que les molécules liquides où elles se baignent.

1. L'*hostie sanglante* est bien connue. Elle a plus d'une fois provoqué de mystiques émotions; Raphaël en a tracé le souvenir dans l'une des admirables peintures dont il a décoré le Vatican.

CHAPITRE XV

RÉSUMÉ HISTORIQUE

Découvertes successives qui ont fait connaître les phénomènes chimiques de la fermentation, puis les organismes ferments. — Expériences. — Hétérogénie ou théorie des générations spontanées. — Panspermie ou théorie des germes partout disséminés. — Expériences. — Bathybius Hæckelii. — Théories diverses sur l'origine de la vie. — Travaux de M. Pasteur.

Les phénomènes que nous avons décrits : transformations du jus de raisin, du moût d'orge, de la pâte de pain, du lait, fermentation acétique, fermentations putrides, infections virulentes, ont été connus de toute antiquité; mais des siècles et des siècles se sont écoulés avant qu'on ait soupçonné des organismes vivants d'en être les auteurs.

La science ne procède pas avec fantaisie; elle a ses voies tracées; les faits dont elle s'alimente ont leurs circonstances et leurs antécédents indispensables, en dehors desquels ils restent sans importance, et l'homme de génie même qui, aux dates opportunes, lui apporte ses instruments, recueille ses observations, interprète ses découvertes, est impuissant à devancer le temps. L'invention la plus inattendue elle-même n'arrive jamais qu'à son heure.

Au moyen âge, les alchimistes, frappés de la propriété qu'ont certaines substances de transmettre leur force à une grande masse sans s'affaiblir, propriété qui devait

précisément caractériser la pierre philosophale tant cherchée, appliquèrent à cette dernière le nom de *ferment*. Et la curiosité scientifique fut provisoirement satisfaite.

A partir du dix-septième siècle seulement, l'attention des observateurs put se fixer de nouveau sur les faits de cet ordre. A ce moment, les esprits furent mis en éveil, et des travaux successifs firent peu à peu connaître les phénomènes chimiques de la fermentation. Mais il n'a pas fallu moins de deux siècles d'observations, de recherches et de progrès de toutes sortes, dans toutes les catégories, pour que la science pénétrât dans l'intimité de ces phénomènes de la fermentation et fût enfin prête à en accepter une interprétation plausible, à en constater les causes, à les grouper dans une formule précise, capable d'en diriger l'analyse et la synthèse. Chemin faisant, des impatiences de bonne volonté se sont plus d'une fois manifestées, il y a eu des intuitions de génie, des aperceptions hardies, mais, prématurées ou fantaisistes, sans autorité, elles sont restées des hypothèses, des idées inappliquées et stériles. Au moment opportun seulement, les découvertes, les conclusions sont devenues certaines, fatales. Tout à coup la lumière a lui, les solutions se sont trouvées dans l'air, c'est-à-dire dans tous les esprits à la fois. Un fait a suffi à les déterminer, un homme à les éclairer, et la science a enregistré la théorie microbienne avec ses conséquences immédiates et ses promesses.

Donc la science grandissait, elle accumulait ses matériaux, et s'avançait vers les découvertes nécessaires.

En 1648, le problème est posé. Van Helmont remarque le dégagement d'un gaz spécial pendant la fermentation alcoolique. Becker, en 1682, observe que les liquides sucrés présentent seuls ce phénomène. De plus, il constate que l'alcool ne préexiste pas dans le moût, mais se forme pendant le travail de la fermentation. Willis, en

1659, et Stahl, en 1697, ont sur la nature des ferments une conception philosophique précise. Pour eux, ce sont des corps doués d'un mouvement intime qui se transmet à la matière fermentescible. Moitrel d'Elemont (1709) apprend à rendre les gaz visibles en les faisant monter en bulles à travers l'eau. Hales (1677-1799) enseigne à les manipuler et les fait circuler dans des vases en verre ou en métal. Black (1728-1799) les étudie dans leur nature et les distingue les uns des autres. Il isole en particulier l'acide carbonique.

Après Black on sut que pendant la fermentation du jus de raisin le sucre disparaît et qu'il se forme de l'alcool et de l'acide carbonique; mais on ne connaissait pas les relations qui existent entre ces phénomènes. Cette découverte fut l'œuvre de Lavoisier. L'illustre chimiste (1743-1794) prouva que le sucre se décompose pendant la fermentation et que ses éléments entrent dans des combinaisons nouvelles qui produisent l'alcool et l'acide carbonique[1].

L'explication chimique de la fermentation était trouvée.

Mais quelle était la cause de ces transformations merveilleuses?

On restait en présence de l'action catalytique.

1. Il commit une légère inexactitude en croyant que tout le sucre se transforme en alcool et acide carbonique, de telle sorte que, s'il était possible de recombiner ces deux substances, on reformerait le sucre.

$$\underset{\text{Sucre.}}{C^{12}H^{12}O^{12}} = \underset{\text{Alcool.}}{2C^4H^6O^2} + \underset{\text{Acide carbonique.}}{4CO^2}$$

Nous savons maintenant qu'il se produit, pendant cette fermentation, outre l'alcool et l'acide carbonique, une très petite quantité de glycérine, d'acide succinique, de cellulose, etc.; de plus, le Saccharomyces emprunte sa nourriture aux éléments du sucre. Néanmoins, on peut dire que Lavoisier, le premier, éclaira le phénomène chimique de la fermentation. L'inexactitude des proportions données par lui fut corrigée peu à peu avec les perfectionnements introduits dans les méthodes d'analyse.

Leuwenhoek (1680)[1], examinant au microscope la levûre de bière, avait constaté qu'elle est une agglomération de très petits globules sphériques ou ovoïdes. Il n'avait pu cependant en déterminer la nature.

Dans son mémoire sur les fermentations (1787), Fabroni écrit : « La matière qui décompose le sucre est une substance végéto-animale; elle siège dans des utricules particulières, dans le raisin comme dans le blé. En écrasant le raisin, on mêle cette matière glutineuse avec le sucre; dès que les deux matières sont en contact, l'effervescence et la fermentation commencent. »

Trois ans après, Thénard arrive à conclure que tous les jus sucrés naturels dans lesquels s'opère une fermentation spontanée donnent un dépôt qui a l'aspect de la levûre de bière, et, comme elle, le pouvoir de faire fermenter l'eau sucrée pure[2].

L'importance de la levûre apparaissait de plus en plus. Elle s'accrut encore, à la suite d'une expérience restée célèbre de Gay-Lussac. L'habile physicien introduisit dans une éprouvette placée au-dessus d'un bain de mercure quelques grappes de raisin, en prenant toutes les précautions nécessaires pour qu'il n'y eût point trace d'air autour des pellicules; puis il écrasa les fruits sous l'éprouvette à l'aide d'une tige recourbée qui traversait le mercure. Aucun mouvement ne se produisit. Gay-Lussac fit alors arriver au contact du moût quelques centimètres cubes de gaz oxygène, et la fermentation se déclara peu de temps après.

Que pouvait-on conclure de cette expérience, si ce n'est que l'oxygène est nécessaire pour commencer la fermentation ?

Cependant on reprit les études au microscope : Des-

1. Le microscope venait d'être découvert (1590) par Zacharius Jansen, opticien de Middlebourg.
2. *Ann. de chimie*, t. XXVI, p. 267.

mazières, Kützing, Quévenne, Turpin et Mitscherlich virent tous que la levûre est formée de globules ovoïdes ou sphériques, d'aspect organisé.

Enfin Cagniard de Latour, en 1835, assimila nettement ces globules à des êtres vivants, susceptibles de se multiplier par bourgeonnement, et n'agissant probablement sur le sucre que par quelque effet de leur végétation et de leur vie[1]. Il avait vu juste; il était sur la voie, il l'ouvrait; mais il émettait une idée qui restait sans démonstration expérimentale, sans application, et par conséquent inféconde. Très peu après, Schwann observait de même que du moût de raisin bouilli fermente si on le met en contact avec l'air; mais qu'il n'en est pas toujours ainsi, lorsque l'air introduit dans ce liquide a été passé préalablement dans un tube chauffé au rouge. L'oxygène n'était donc pas la cause de la fermentation? C'était quelque chose qui existe dans l'air, et que le feu détruit. Et puisque la levûre était un être vivant, il était tout naturel de penser que ce quelque chose devait être le germe de la levûre. Cependant on savait depuis Ehrenberg que certains précipités minéraux ont des formes globuleuses; le bourgeonnement pouvait être une illusion et résulter de l'accolement d'un gros et d'un petit globule; dans les fermentations lactique, panaire, butyrique, on ne connaissait aucune cellule. L'idée de Cagniard de Latour ne résistait pas à ces objections. Il était admis que toute fermentation avait besoin, pour sa mise en train, de la présence d'un corps en voie de décomposition. L'agent actif dans tous ces phénomènes était nécessairement le même.

En 1828, M. Colin avait montré qu'une foule de substances organiques azotées peuvent déterminer la fermentation alcoolique de l'eau sucrée. Liebig en conclut que si la levûre de bière, matière azotée aussi, joue un rôle

1. *Ann. chim. phys.*, 2e série, t. LXVIII.

analogue, c'est, non par son bourgeonnement, par sa vie, mais par suite de la décomposition qu'elle subit.

« La levûre de bière et, en général, toutes les matières animales et végétales en putréfaction, dit Liebig, reportent sur d'autres corps l'état de décomposition dans lequel elles se trouvent elles-mêmes. Le mouvement qui, par la perturbation d'équilibre, s'imprime à leurs propres éléments se communique également aux éléments des corps en contact avec elles. »

D'après cette théorie, la présence d'une matière organique autre que le sucre dans la substance qui fermente était indispensable.

Cependant M. Pasteur réussit à provoquer la fermentation dans un ballon de verre qui renfermait seulement de l'eau distillée, du sucre candi, des substances minérales et une trace de levûre.

Cette levûre, au lieu de se détruire, bourgeonna, augmenta de poids, et l'on en retrouva bientôt vingt à trente fois plus qu'on n'en avait semé.

Ainsi, la fermentation alcoolique, loin d'avoir quelque corrélation avec la mort de la levûre, est au contraire dépendante de sa vie.

« Jamais le sucre n'éprouve la fermentation alcoolique sans que des globules de levûre soient présents et vivants; et, réciproquement, il ne se forme pas de globules de levûre de bière sans qu'il y ait présence de sucre ou d'une matière hydrocarbonée et sans qu'il y ait fermentation de ces matières [1]. »

L'expérience était concluante. Bien plus, M. Pasteur ne tarda pas à prouver que dans toute fermentation il y a un ferment actif, et que chacune est sous la dépendance d'une espèce microbienne distincte par la nature de ses aliments et celle des transformations qu'elle opère.

La théorie chimique avait vécu. La théorie physiolo-

1. Pasteur, *Bull. de la Soc. de chim.*, 3e série, 1862, p. 66.

gique, expérimentalement démontrée, mise en pratique et en lumière, triomphait. Elle allait révolutionner la médecine et l'hygiène[1].

Les microscopiques commençaient, on le voit, à prendre quelque importance dans le domaine des sciences.

D'où venaient-ils?

A cette question, un problème vieux comme le monde surgit de nouveau et divisa les savants. Un être peut-il prendre naissance sans parents?

Dans l'antiquité, on avait répondu par l'affirmative, non point à l'égard des ferments, dont l'existence était ignorée, mais pour certains animaux dont on ne connaissait pas le mode de reproduction.

Le *Livre des Juges* parle d'abeilles issues d'un lion mort. Aristote attribue au limon des fleuves la formation des anguilles. Virgile décrit en beaux vers l'éclosion d'un essaim du milieu des entrailles corrompues d'un taureau[2]. « Les arbres que nous devons à la nature, dit Pline, en proviennent de trois manières : ou *spontanément*, ou par bouture, ou par graine. » Lucrèce s'écrie : « Pourquoi donc les membres infects et glacés enfantent-ils une peuplade de vermisseaux[3]? » Plutarque écrit que la première génération a été entièrement produite par la terre.

Au moyen âge, des auteurs indiquent les moyens de

1. Il ne nous est pas permis d'oublier ici Raspail. Il ne s'est point rangé dans la série que nous venons de parcourir, parce qu'il fut un indépendant, par conséquent un isolé, et qu'ayant établi ses théories par voie d'induction, il ne put les imposer à la science classique. Et pourtant il a été l'un des créateurs de la chimie organique, le promoteur de la théorie cellulaire, le précurseur de la théorie microbienne, le grand vulgarisateur de l'hygiène. Il a chassé des pratiques populaires les dangereuses recettes de commères et préconisé, pendant près d'un demi-siècle, la plupart des mesures hygiéniques qu'impose officiellement aujourd'hui la connaissance des microbes.

2. *Géorgiques*, livre IV.

3. *De la nature des choses*, livre III.

faire naître spontanément des souris, des grenouilles. Et ces croyances eurent cours jusqu'au milieu du seizième siècle. A cette époque, Rœdi, membre de la célèbre académie florentine *del Cimento*, démontra (1668) que les vers de la chair en putréfaction, considérés alors comme provenant de générations spontanées, sont les larves sorties des œufs déposés par les mouches. Il prouva qu'il suffisait de conserver la viande dans un vase recouvert d'une étoffe de gaze pour empêcher leur apparition. D'autres expériences, dues à Swammerdam et à Valisnieri, vinrent confirmer celles de Rœdi, et la théorie des générations spontanées fut ébranlée, du moins en ce qui concerne les organismes perceptibles à l'œil nu.

Vers 1590, le microscope fut inventé, et l'on vit les Infiniment Petits pulluler tout à coup dans des espaces à peine appréciables, où jusqu'alors nulle vie n'avait été soupçonnée.

Lorsqu'on expose à l'air une infusion quelconque de viande ou d'herbage, le liquide, d'abord limpide, ne tarde pas à se troubler et à se couvrir d'une mince couche gélatineuse. Alors, à l'aide du microscope, on peut apercevoir, par myriades, dans ce voile de la surface et dans les profondeurs, des végétaux et des animaux. Les uns sont des globules solitaires, d'autres sont réunis, comme des perles en chaînettes, d'autres ont des cils vibratiles à l'aide desquels ils nagent avec une extrême vitesse; d'autres, qui ont l'apparence de bâtonnets élancés, flexueux, oscillent et ondulent; d'autres, contournés en spirales, se meuvent en tournant sur eux-mêmes. Il en est dont l'organisation, plus complète, se manifeste par une taille plus grande et par la possession d'organes distincts à l'intérieur. Les individus de ces espèces, monades, micrococcus, vibrions, kolpodes, etc., sont en quantités prodigieusement considérables. Il serait plus difficile de dire leur nombre que celui des fleurs et des grands animaux de toute la terre.

Où donc ces petits êtres se trouvaient-ils avant de se montrer dans cet étroit espace? Existaient-ils déjà, ou viennent-ils de naître? Quelle est leur origine, leur genèse? Et nous? A travers des générations successives, innombrables et toujours modifiées, proviendrions-nous de quelque organisme cellulaire qui vivrait encore parmi eux ? Se forme-t-il encore aujourd'hui sur notre terre des cellules mères de plantes et d'animaux premiers d'où sortiront, par des variations séculaires, des descendants diversement perfectionnés? ou bien ces générations premières ont-elles cessé de se produire ? Hypothèses éternelles!

Malgré leur diversité d'aspect et d'allures, les microscopiques furent d'abord tous indistinctement nommés *Infusoires*, du nom des liquides dans lesquels ils s'étaient révélés. A peine découverts, les eaux et les airs en furent trouvés remplis ; et l'étonnement causé par leur pullulation unie à la simplicité de leur structure ramena les esprits à l'hypothèse d'organismes nés sans parents.

Cette théorie, dite des *générations spontanées*, fut, en ce qui concerne les Infiniment Petits, reprise par Needham, en 1745. Ce savant introduisit des infusions dans des flacons qu'il ferma hermétiquement et qu'il soumit à une température de 100 degrés, afin de tuer tous les germes qu'ils pouvaient contenir. Malgré ces précautions, des êtres vivants y apparurent. Spallanzani refit cette même expérience, mais chauffa les vases clos beaucoup plus longtemps, et il ne se montra point d'infusoire dans le liquide : — « Needham n'a pas assez chauffé ses flacons, dit alors Spallanzani ; les germes n'ont pu être détruits. » — « Spallanzani chauffe trop, objecta le savant anglais ; de la façon dont il traite et torture ses infusions végétales, il altère la petite portion d'air qui se trouve dans les flacons et anéantit la *force végétative* des substances infusées. » Une nouvelle expérience devenait nécessaire : il fallait mettre les infusions en contact avec

de l'air normal, après les avoir privées de leurs germes au moyen de l'ébullition. Schwann à son tour chauffa dans un ballon du bouillon de viande, jusqu'à ce que la destruction des microscopiques fût assurée, et le ballon, qui communiquait avec l'air ambiant par un tube deux fois recourbé, fut placé dans une atmosphère qui avait subi l'action d'une haute température. L'air se renouvelait ainsi. Il ne se produisit point d'infusoire. La démonstration semblait décisive ; on objecta cependant que l'air du ballon ouvert pouvait aussi bien être altéré par une excessive chaleur que celui des flacons fermés dans les expériences de Spallanzani.

En 1836, Schultze, au lieu de calciner l'air, le fit passer au travers de l'acide sulfurique et de la potasse, et l'on n'observa aucun développement de vie. Mais ces substances étaient encore, disait-on, des réactifs bien énergiques, qui, eux aussi, pouvaient modifier sensiblement la composition de l'air et nuire à la formation des germes.

Quelques années après (1854), Schrœder et Van Dush répétèrent l'expérience de Schwann, employant de l'air simplement filtré sur de la ouate de coton. Aucun infusoire n'apparut. Dès lors il ne fut plus permis d'attribuer à l'air une influence directe.

Toutefois des points d'interrogation subsistaient encore. Quel est ce principe que le feu détruit, que le coton arrête, et qui donne à l'air la propriété de porter la fécondité dans les infusions ? — On avait bien une tendance à croire que l'air agit par les germes qu'il tient en suspension, mais personne ne l'avait démontré.

Les choses en étaient là, lorsque M. Pouchet, pénétré de l'idée que « l'esprit seul, dans son infinie fécondité, édifie dans l'immensité du vide, et que l'expérience reste souvent stérile si ses résultats ne se trouvent ni vivifiés ni agrandis[1], » se fit, en 1859, l'apôtre des générations

1. Pouchet, l'*Hétérogénie*, 1859, p. 168

spontanées. Il appuya ses arguments de faits et de théories empruntés aux savants, aux philosophes anciens et modernes; il multiplia ses expériences, recommença celles de Schultze, de Schwann, et arriva à des résultats diamétralement opposés.

Ardent autant que savant, il fit grand bruit et passionna les gens d'étude[1]. M. Pasteur entreprit de le réfuter et de prouver l'existence des germes dans l'atmosphère[2]. Il exposa au passage de l'air, à l'aide d'un appareil inspirateur continu, de la bourre de coton soluble, qui bientôt se couvrit de poussière. Il la déposa ensuite dans un tube avec le mélange alcoolique éthéré qui dissout le coton-poudre, et laissa le tout reposer pendant un jour.

1. « Il existe, dit M. Pouchet, des végétaux qui n'apparaissent que dans des circonstances tellement extraordinaires, que l'esprit se révolte à la pensée que leurs séminules encombrent, de siècle en siècle, l'atmosphère, pour ne féconder qu'à de rares intervalles quelque point imperceptible du globe : ce serait l'inutilité dans l'immensité. On connaît un champignon qui ne se développe jamais que sur les cadavres des araignées; un autre n'apparaît qu'à la surface des sabots des chevaux en putréfaction. Tel petit végétal de la même famille, l'*Isaria* du Sphinx, n'a encore été observé que sur certains papillons nocturnes. Les chrysalides et les larves de ceux-ci n'en sont même jamais affectés; ce sont d'autres espèces qui les envahissent... On connaît un champignon qui ne se rencontre jamais que sur la queue d'une chenille des contrées tropicales; il est constamment unique sur l'animal, énorme comparativement à lui, car sa hauteur dépasse souvent quatre ou cinq pouces... Un végétal, le *Racodium cellare*, n'a jamais été rencontré que sur les futailles de nos celliers.... Bérard parle même d'un végétal qui ne vit que sur les gouttes de suif que les mineurs laissent tomber sur le sol en travaillant... Enfin, tous les botanistes ne savent-ils pas que chaque plante malade ou mourante est fatalement envahie par un parasite spécial? Rien ne peut expliquer l'introduction des séminules de ce funeste hôte, et l'on peut dire qu'il en existe autant de variétés qu'il y a d'espèces végétales... » (Pouchet, l'*Univers*, 1865.) Toutefois il convient d'ajouter que beaucoup de végétaux inférieurs, à générations alternantes, affectent tour à tour une forme et puis une autre, suivant le milieu. Telle la *Piccina graminis*, selon qu'elle se trouve sur le blé ou sur l'épine-vinette, se développe d'une manière si différente que longtemps on a considéré ses deux formes comme deux espèces distinctes.

2. Pasteur, *Mémoire sur les corpuscules organisés*, 1862.

Les poussières s'étant rassemblées au fond du tube, il les lava par décantations successives, puis il plaça sur un verre de montre le dépôt obtenu et le liquide qui le baignait. Après évaporation, le résidu fut délayé tantôt dans de l'eau, tantôt dans de l'acide sulfurique, afin de le débarrasser des grains d'amidon et de carbonate de chaux qu'il pouvait contenir. Puis on l'examina au microscope.



Fig. 57. — Poussières de l'air.

On aperçut alors des particules de suie provenant des cheminées, des globules d'amidon, des débris d'étoffes et de plantes, etc., enfin, une très grande quantité de corpuscules qui avaient absolument l'aspect de germes des végétaux inférieurs (fig. 57). Avait-on vraiment des spores sous les yeux? — Il fut impossible d'en douter, lorsque après les avoir semés on les vit s'accroître et s'élancer en petites branches ramifiées.

Cette première preuve donnée, il s'agissait de démontrer que ces corpuscules, auxquels les petits végétaux devaient leur origine, provenaient bien exclusivement de l'air. M. Pasteur mit dans un ballon de l'eau, du sucre et de la levûre de bière. Il fit bouillir ce mélange pendant quelques minutes, puis laissa pénétrer de l'air qui avait traversé un tube de platine rougi au feu, et il ferma le col du ballon. L'infusion ainsi préparée se conserva durant des mois sans développement d'organismes, quoique placée dans une étuve ayant 30° de chaleur, température, on le sait, très favorable à la fermentation.

Quelque temps après, avec des précautions extrêmes destinées à empêcher la pénétration de l'air extérieur, l'expérimentateur introduisit dans une infusion semblable, conservée sans altération, de la bourre de coton

préalablement exposée aux poussières de l'atmosphère. Au bout de vingt-quatre heures la vie apparut dans ce ballon.

Pendant ses expériences sur la décomposition des vapeurs par la lumière, M. Tyndall fut amené à observer les poussières de l'air, « ces atomes qui, suivant l'expression pittoresque de Daniel Culverwel, sont invisibles à la chandelle, mais que le soleil découvre et fait danser nus dans ses rayons. » Et il remarqua la concordance qui existait entre les résultats de ses propres expériences et ceux obtenus par Schwann, par Schrœder et Pasteur. « L'air, qu'ils avaient trouvé impuissant à engendrer la vie, écrit M. Tyndall, fut montré par le rayon lumineux être optiquement pur et, partant, privé de germes[1]. »

Cependant M. Pouchet et, avec lui, MM. Mantegazzo, Joly et Musset ne se tinrent pas pour battus.

— « Comment admettre, disait M. Pouchet, qu'il y ait dans l'air assez de germes pour alimenter toutes les infusions qu'il plaît aux besoins ou aux caprices des hommes de lui présenter? L'air en renfermerait alors des milliards par millimètre cube, ces corpuscules produiraient d'épais brouillards, l'atmosphère en serait complètement obscurcie. »

— « Il ne suffit pas, répondit M. Pasteur, de mettre la plus petite quantité d'air en contact avec une infusion, pour que celle-ci se peuple. Il y a des lieux où l'on trouve plus de germes que dans d'autres ; on en rencontre, par exemple, davantage dans les endroits bas et humides, et d'autant moins qu'on s'élève au-dessus du sol ou sur les hautes montagnes. » Et il le prouvait par de remarquables expériences.

M. Pouchet refit les expériences de M. Pasteur. Il obtint des résultats contradictoires.

Le monde savant, qui s'était passionné dans cette lutte,

1. Tyndall, *les Microbes*.

resta donc divisé en deux camps : celui des *panspermistes*, croyant avec M. Pasteur que les germes des organismes microscopiques sont partout disséminés, n'attendant pour se développer que des conditions favorables, et celui des *hétérogénistes*, qui admettent avec M. Pouchet que des ovules ou germes peuvent naître spontanément de la combinaison de diverses substances organiques ou inorganiques.

Quoi qu'il en soit des générations spontanées et du panspermisme, leur étude reprise provoqua des travaux qui ouvrirent à la science des horizons nouveaux. M. Pasteur, conduit par les nécessités de la discussion, a institué des expériences au cours desquelles il a fait de mémorables découvertes et rencontré des êtres encore inconnus, tout un monde.

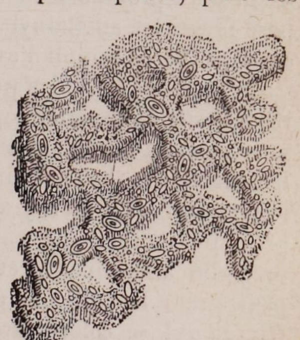
Dans l'étonnement causé par ces révélations, les thèses philosophiques ont été oubliées. On s'est attaché à l'étude des infiniment petits, et l'on s'est mis à la recherche de leurs innombrables espèces. C'est le labeur qui, en ce moment, absorbe et passionne les esprits.

Mais le problème subsiste. Des expériences seules ont été improuvées. La discussion n'a pu convaincre dans un sens ni dans l'autre, ceux qui veulent des démonstrations expérimentales. Les thèses restent entières. Elles le seront longtemps encore. Puissent-elles reparaître souvent sur les champs de bataille de la science, puisqu'elles ne sont point infécondes. Au seizième siècle, elles ont provoqué les recherches de Rœdi, de Swammerdam et de Valisnieri; au dix-neuvième, celles de Pasteur; chaque fois, elles ont inspiré des travaux et apporté des découvertes qui ont enrichi la science et soulevé l'admiration des hommes.

Nous avons parlé des granules du sang, que M. Béchamp considère comme des germes de microbes[1]. Il

1. Voir p. 255.

faut aussi connaître l'étrange organisme qui, ramené du fond de l'Océan, a ranimé les convictions des hétérogénistes. En 1857 on plaçait le câble transatlantique dans la mer qui sépare l'Irlande de l'Amérique du Nord, lorsqu'à une profondeur de 1000 mètres environ, on rencontra un limon gélatineux qui présentait l'aspect d'une agglomération informe de protoplasme, et dans lequel se trouvaient disséminées des concrétions calcaires[1]. Quelques années après, MM. Wyville Thomson et Carpenter retrouvaient la même substance dans le golfe de Gascogne. L'examinant au sortir de l'eau, sous le microscope, ils virent de petites masses arrondies ou irrégulières, et à l'intérieur des courants de protoplasme granuleux. Dans le sens de ces courants, chaque petite masse allongeait des lobes ou pseudopodes, puis les retirait pour en projeter d'autres, de telle sorte que, lentement, elle changeait de forme et se transportait[2] comme le font les végétaux mucilagineux qu'on appelle *Myxomycètes*, et les animaux inférieurs qui portent le nom d'*Amibes*.


Fig. 58. — Bathybius Hæckelii.

Une petite quantité du limon gélatineux trouvé dans l'océan Atlantique en 1856, et conservé dans de l'alcool, fut alors étudié par M. Huxley, qui le reconnut pour un être organisé et le nomma *Bathybius Hæckelii* (fig. 58).

M. Hæckel, devenu son parrain, l'observa à son tour. Il n'y eut pas de doute pour lui : c'est le limon généra-

1. *Das Protistenreich*, von E. Hæckel, Leipzig, 1878.
2. *An. and Mag. of natur. History*, 1869, t. XX, p. 151. *The Depth of the Sea*, Wyville Thomson, 2e édit., 1874, p. 410.

teur des êtres vivants qui peuplent notre planète, et ce limon remplit le fond de toutes les mers.

Mais voici un revirement soudain. Le *Challenger*, qui fait le tour du monde, drague en vain le fond des océans; il ne retrouve pas la substance de vie. Celle-ci n'existe donc pas? Et le *Bathybius* est publiquement rayé de la liste des vivants, au congrès des naturalistes, à Hambourg (1876). M. Mœbius, professeur à Kiel, en prononce l'oraison funèbre: « Le Bathybius, qui s'accordait si bien avec les idées modernes sur l'origine de la vie, n'est qu'un produit artificiel, un précipité de gypse dissous dans l'eau de mer, grâce à l'alcool dans lequel était conservée la préparation. » Et il y eut dans l'auditoire un étonnement profond lorsque M. Mœbius, usant d'un procédé bien simple, fit apparaître un composé identique au Bathybius, en versant un peu d'alcool dans un verre rempli d'eau de mer[1].

En présence de telles preuves, M. Huxley crut devoir revenir sur sa première opinion; toutefois il ne le fit pas sans réserve. Comment avait-il pu prendre aussi facilement une substance inorganique pour une matière organique? « Ce qu'il y a d'étrange, dit-il, c'est que ce précipité inorganique peut à peine être distingué d'un précipité albumineux, et qu'il ressemble encore plus peut-être à la pellicule superficielle des infusions putrides, qui se colore irrégulièrement, mais très fortement, de carmin, forme de petites masses aux contours déterminés, et se comporte en tout comme une matière organique[2]. »

M. Hæckel défendit son filleul, ainsi qu'il l'appelle lui-même, contre les propres parents de l'enfant. « Parce

1. *Naturalzeitung*, Berlin, 21 sept. 1876; *Das Protistensreich*, von E. Hæckel, Leipzig, 1878.

2. *Nature*, august 15th, et *Quarterly journal of microsc. sc.*, 1875, t. XV, p. 392. *Das Protistensreich*, loc. cit.

que le Bathybius n'est pas répandu dans tous les océans, est-ce une raison, répliqua-t-il, pour qu'il n'existe pas dans une aire limitée? Et parce que l'alcool dans l'eau de mer produit une substance floconneuse semblable en apparence au Bathybius, est-ce une preuve que celui-ci ne soit pas un être vivant? MM. Wyville Thomson et Carpenter ne l'ont-ils pas observé à l'état frais, dans de l'eau pure de tout alcool? »

Depuis, M. le docteur Émile Bessels, attaché à l'expédition américaine du *Polaris*, et heureusement échappé au naufrage de ce bâtiment, constate la présence, dans le détroit de Smith, de grandes masses de protoplasme, ne différant du Bathybius que parce qu'elles ne contenaient pas de concrétions calcaires. L'absence de ces particules solides lui faisant considérer cet organisme comme plus simple encore que le Bathybius, il lui a donné le nom de *Protobathybius*[1].

L'idée d'une substance primitive homogène et informe, possédant la vie, n'était pas nouvelle. Au commencement de ce siècle, Oken avait supposé l'existence d'une gelée née spontanément au sein des eaux, et de laquelle seraient sortis tous les végétaux et tous les animaux. Il l'avait nommée *Urschleim*. Cette substance vivante et fondamentale fut en quelque sorte découverte par Dujardin, lorsqu'il démontra que le corps de certains animaux microscopiques, tels que les foraminifères et les radiolaires, n'est, en réalité, qu'une matière molle, sans forme déterminée, quelquefois homogène, le plus souvent granuleuse, et douée de mouvement.

Un grand nombre de naturalistes doutent encore. Ils croient que M. Bessels, de même que MM. Wyville Thomson, Carpenter, Huxley et Hæckel en 1856, ont été les jouets d'une illusion. D'autres, au contraire, con-

1. Docteur E. Bessels, *Memorandum on the most important Discoveries of the North expedition.* (*Annual Report of the secretary of the Navy*. Washington.)

cluent de l'histoire du *Bathybius*, auquel ils identifient le *Protobathybius*, à l'existence de cet organisme dans des aires limitées. Ils le considèrent comme un être ayant sa place dans la nature, au confluent des trois règnes, n'étant ni minéral, ni végétal, ni animal, mais procédant des trois à la fois. Ils supposent que des combinaisons physico-chimiques l'engendrent spontanément au fond des mers. Ils pensent que, sous les diverses influences de milieux changeants, ces masses protoplasmiques subissent peu à peu des modifications, des transformations qui, tout d'abord éphémères, s'accentuent, se fixent en des formes végétales ou animales très élémentaires; puis, d'évolutions en évolutions, dans la suite des siècles, donnent les espèces les plus perfectionnées.

Au dire de quelques-uns, les productions floconneuses, nuageuses que l'on voit quelquefois flotter dans certains liquides et les troubler, qui apparaissent toujours dans les infusions et souvent dans les solutions minérales, qui existent dans les eaux douces, dans les eaux sulfureuses, et que l'on nomme *glaires* ou *miélines*, seraient des formations de même ordre que le *Bathybius*. La *glaire* même précéderait le protoplasme dans la série des organismes, ou, si l'on veut, serait un protoplasme qui n'a encore acquis aucune propriété de sélection spéciale. Elle serait, dans la matière, le point de départ de tout travail physiologique; d'elle procéderait la substance organisable, amorphe, qui ensuite se disposerait en globulins, puis, par un accroissement de ceux-ci, atteindrait la cellule; d'elle naîtraient les microphytes [1].

Certains prétendent assimiler à ces composés les gelées hyalines qui, sous le nom de *zooglées*, constituent des sortes de gangues, de membranes, de nids, englo-

1. C'est un composé du même genre, mais déjà d'espèce définie et fixe, qui dans les tissus animaux porte le nom de *blastème*, et y préside au développement des cellules.

bant des amas de microbes. Ils y comprennent même l'enveloppe gélatineuse, si souvent à peine visible, dont s'entourent beaucoup de ferments. Mais le plus grand nombre se refusent à voir dans ces gelées autre chose que des produits de décompositions, des sécrétions analogues au mucilage de quelques graines.

Nous sommes ici dans la zone obscure que cherchent à éclairer les hypothèses. Il faut remonter au protoplasme pour retrouver, en pleine lumière, des réalités tangibles. Là enfin nous pouvons voir, non point se former la matière vivante première, mais naître et se développer les individualités élémentaires. Si les phénomènes de création nous échappent, là nous sommes en présence des modes de génération que l'observation scientifique a déjà largement pénétrés. Nous les saisissons depuis l'apparition de la primitive espèce cellulaire jusqu'à la cellule embryonnaire, qui sera le végétal ou l'animal supérieur. Sous nos yeux, le protoplasme devient cellule; il se multiplie par sectionnement par bourgeonnement, par spores; puis l'individu se dédouble, l'engendrement se perfectionne et s'accomplit par la fusion de deux protoplasmes [1]; enfin il atteint son terme le plus élevé dans la localisation des fonctions et la formation des sexes. A ce moment apparaissent les oogones et les anthéridies, puis les étamines et les pistils.

Bien d'autres théories ont été imaginées sur l'origine de la vie.

1. La transition d'un mode de génération à l'autre est très sensible. Dans certaines algues inférieures, les *Ulothrix*, par exemple, le protoplasme d'une cellule se divise en deux parties qui se portent aux deux extrémités de la cellule, puis, après un certain temps, se rejoignent pour se condenser en une seule masse et former la spore. Dans les algues *conjuguées*, les deux petites masses protoplasmiques, enfermées dans deux cellules contiguës, se rapprochent de la cloison commune et finissent par la briser pour se réunir et produire la spore.

En 1871, MM. Richter, William Thomson et Helmholtz ont proposé l'hypothèse *des germes organiques cosmiques*. « Quand une île volcanique est sortie de la mer, couverte de végétation après un petit nombre d'années, on admet sans difficulté, écrit sir William Thomson, que des semences y ont été transportées par les vents et les flots. Est-il impossible et, si cela est possible, est-il contre la vraisemblance, d'expliquer d'une manière analogue le commencement de la vie de la terre?... Chaque année, des milliers de fragments d'astres brisés tombent sur notre globe. Si la terre se désagrégeait de même, une grande partie de la planète serait sans doute vaporisée; mais une autre partie, couverte de sa végétation actuelle, serait emportée dans l'espace. Beaucoup d'autres planètes que la nôtre ont dû servir de terrain à l'évolution organique, et il est très probable que les innombrables météorites qui parcourent l'espace portent avec elles des germes [1]. Supposons la terre privée de vie, il suffirait de la chute d'un aérolithe de cette sorte pour qu'elle fût bientôt couverte de plantes et d'animaux. »

Quel que soit leur mode de transport, il n'est pas impossible que des germes tombent d'une planète sur une autre. Mais aurions-nous des preuves de ce fait, l'origine de la vie n'en resterait pas moins inexpliquée, sinon sur notre globe, du moins dans l'univers. Le problème ne serait que transporté dans d'autres mondes.

M. W. Preyer, ainsi qu'au dix-huitième siècle l'avaient déjà pensé Maupertuis et Buffon, considère la vie comme ayant toujours existé, et croit que ce que l'on nomme l'inorganique est une scorie résultant de l'usure des corps vivants [2]. « *Le brut n'est que le mort*, avait écrit

1. Dans un aérolithe, tombé en Suède en 1870, on a trouvé des fragments d'humus. Qui nous dit qu'il n'y eût pas dans cet humus des germes vivants ?

2. *Naturwissenschaftliche Thatsachen und Probleme populaere vortraege*, W. Preyer, Berlin, 1881. — L'hypothèse des germes cos-

Buffon; je pourrais le prouver par cette quantité énorme de coquilles et d'autres dépouilles des animaux vivants qui font la principale substance de ces pierres, des marbres, des craies, et des marnes, des terres, des tourbes et de plusieurs autres matières que nous appelons brutes, et qui ne sont que les débris et les parties mortes d'animaux ou de végétaux[1]. »

Nature des choses! origine des êtres! problèmes insondables, aux solutions toujours prochaines et sans cesse fuyantes, aux attractives clartés que l'homme poursuit d'horizon en horizon, recueillant en route des parcelles de vérité, êtes-vous la polaire immuable ou bien un mirage décevant?...

Mais il est temps de revenir aux petites cellules qui nous ont conduits si loin et si haut.

Dès qu'il fut avéré que des êtres microscopiques livrent partout des combats pour l'existence, dans les eaux, sur la terre et dans l'air, M. Pasteur chercha l'utilisation de ces connaissances. Il découvrit des procédés pour conserver les vins, la bière et autres aliments, pour diriger la fabrication du vinaigre, pour conjurer le fléau qui frappait l'industrie séricicole en France. Il trouva dans l'atténuation des virus et les vaccinations, des moyens de défense contre les épidémies qui exercent de si terribles ravages parmi les animaux domestiques et attei-

miques a inspiré à M. W. Preyer une idée nouvelle sur l'origine des espèces. Il croit que le hasard ne préside point seul à l'apport des germes sur notre planète. Il suppose que, dans sa révolution autour du soleil, la terre, en des circonstances inconnues, mais d'une façon régulière, attire dans sa sphère d'attraction des organismes divers, capables de s'y développer et de s'y reproduire. La substance primordiale, venue de même des autres astres, lorsque la vie a commencé sur notre globe, se trouvant dans des conditions nouvelles et diverses, aurait été ainsi le point de départ de la formation des espèces aujourd'hui si dissemblables.

1. *Histoire naturelle,* 1785.

gnent l'homme lui-même. Les applications pratiques qui découlent de son œuvre sont telles que M. Huxley a pu dire : « Les découvertes de M. Pasteur suffiraient à elles seules pour couvrir la rançon de guerre des cinq milliards payés par la France à l'Allemagne en 1870. »

Combien ne les apprécions-nous pas plus encore lorsque nous songeons aux vies humaines qu'elles peuvent sauver !

Puisque les microbes des affections contagieuses sont engendrés par des êtres semblables à eux, puisqu'ils ne naissent point spontanément dans notre organisme, puisqu'ils viennent de l'extérieur, puisque la maladie virulente ne se crée point en nous, la stratégie de la médecine et celle de la chirurgie sont désormais changées; l'hygiène prend une importance prépondérante dans les obligations de notre vie sociale, dans nos usages domestiques. L'aménagement de nos habitations, leur mode d'aération, les soins personnels se présentent avec un caractère de généralité qui touche au salut public ; l'ouverture des rues, des jardins dans les villes, le choix et l'abondance des eaux, la distribution des égouts, l'emplacement, l'orientation des écoles, des hôpitaux, etc., cessent d'être exclusivement des mesures de convenance ou de luxe, pour intéresser désormais la santé de chacun. Et l'on peut prévoir, sans être accusé de rêverie, un temps, prochain peut-être, où la phtisie, la peste, le choléra, le typhus, la rage, et tant d'autres fléaux microbiens ne désoleront plus l'humanité. Alors peut-être, pour le plus grand nombre, la vie déroulera ses périodes régulières, la douleur indicible des séparations brutales ne sera plus la menace commune, et la tristesse résignée accompagnera seule la graduelle et lente disparition de l'homme, dans ces phénomènes de l'existence qui rendent insensible le passage de la vie à la mort. Enfin, certains chapitres, jusqu'alors obscurs, des sciences biologiques s'éclairent. En étudiant l'action des microbes, nous péné-

trons les phénomènes de la vie dans nos tissus. Nous apercevons les conditions de leurs perturbations, par conséquent les causes mêmes de la maladie, et celle-ci apparaît dans sa réalité, résultant des modifications physiques ou chimiques de nos éléments cellulaires [1].

Ainsi s'évanouissent les conceptions mystiques et les abstractions métaphysiques, les forces catalytiques, les vieilles entités vitales ou morbides, pour laisser la science en présence de faits saisissables à ses procédés d'investigation.

Toute une jeune génération de savants est résolument entrée dans la voie ouverte. Nous avons vu quelles lumières nouvelles ce grand mouvement scientifique a déjà répandues sur l'histoire naturelle, la chimie, la biologie, la médecine, l'hygiène. Et la série des découvertes ne fait que commencer...

1. Le sang vivifie incessamment nos cellules, et par lui l'individu est en possession de la plénitude de sa vie. Mais que, sous l'influence d'un accident, d'une impression physique, d'une émotion morale, d'une cause extérieure quelconque, la situation soit modifiée, que l'oxygène ne soit plus apporté dans un organe, ou qu'il n'y pénètre pas en quantité suffisante, néanmoins la cellule continue de vivre, de fonctionner ; mais alors, comme le microbe, elle emprunte aux substances au milieu desquelles elle fonctionne, les éléments dont elle a besoin ; elle devient anaérobie, elle se fait ferment, et les produits de décompositions de toutes sortes, tels que nous les avons vus dans les fermentations, dans les putréfactions, envahissent l'organisme entier, le vicient, troublent les fonctions. Dans ces conditions, des ptomaines se forment ou encore quelque microbe parasite s'introduit en maître dans les tissus, dispute l'existence à leurs cellules, et, par des sécrétions nuisibles à leur vie, détermine la mort.

CHAPITRE XVI

CLASSIFICATION

Après avoir retracé la vie, les mœurs et le rôle des ferments dans la nature, il nous reste à grouper les analogies et les dissemblances qui les rapprochent ou les séparent les uns des autres, en d'autres termes à les classer. Mais il en est qui, différents de taille, de forme et d'allure, se comportent de même, lorsqu'ils sont placés dans certaines circonstances; d'autres, au contraire, qu'au premier aspect on prendrait pour des semblables, ne peuvent absolument pas vivre dans des conditions identiques. Aussi n'a-t-on pu encore débrouiller les liens de famille qui existent entre eux. Longtemps d'ailleurs, ils furent sans désignation patronymique, sans état civil régulier, officiel, à peine reconnus. Hier encore ils étaient les premiers venus, confondus sous des appellations de fantaisie, d'occasion, de hasard, comme ceux qui ne figurent pas, qui ne sont rien, sans ancêtres, sans parents, sans personnalité. Le nom qu'ils portent est récent; ils le doivent à Charles Sédillot. Le savant chirurgien le fit enregistrer à l'Académie des sciences, par acte authentique, le 17 février 1878. Voici l'extrait de la minute : « Les germes atmosphériques, dit-il, ont reçu tant de noms différents que l'on finit par s'y perdre. Ainsi on les appelle schizophytes, micrococcus, chroococcus, microsphères, desmobactéries, bac-

téries, bactéridies, leptothrix, clodothrix, beggiatoa, microorganismes, mucédinées, aérobies, anaérobies, monades, vibrions, etc., j'en passe. Je crois utile de remplacer toutes ces dénominations par un nom générique plus simple pour le langage courant; je propose, en conséquence, le nom général de *microbes* (*micros*, *bios*). J'ai consulté à cet égard mon ami Littré, qui approuve mon choix[1]. » Le mot fut accepté. Il est aujourd'hui célèbre; et certes il compte parmi les plus considérables.

Mais il y a microbe et microbe, et il convient d'éviter toute confusion entre eux, afin de laisser à chacun son œuvre. Quelques-uns déjà ont leurs biographes, leurs monographes, leurs historiographes; la foule des gens qui portent la renommée aux trompettes retentissantes, depuis le bourdonnant reporter jusqu'au savant académicien, surveillent, épient, étudient leurs faits et gestes, et quoique, dans l'état actuel de la science, une classification ne puisse être que très imparfaite, encore faut-il, si l'on veut parler de celui-ci plutôt que de celui-là, le désigner par un caractère qui le distingue de ses pareils, tout en indiquant autant que possible sa parenté avec eux.

Nous avons vu un grand nombre de microbes être des agents de fermentation. On peut donc appeler ceux-ci indifféremment *ferments* ou *microbes*, ou encore *microbes ferments*. Nous les avons aussi nommés *ferments figurés*, afin d'éviter toute confusion avec les *ferments solubles* qui ne sont que de simples sécrétions.

Les *microbes ferments*, par leur forme et leur mode de développement, se rattachent les uns à la classe des *Champignons*, les autres à celle des *Algues*.

Parmi les premiers, nous avons vu les *Levûres*, qui

1. Voir *Compt. rend. de l'Ac. des sc.*, fév. 1878. (C. Sédillot, *Mémoire sur les applications des travaux de M. Pasteur*.)

sont plus ou moins ovoïdes. Elles se reproduisent par bourgeonnement et par spores.

Telles sont :

Le *Saccharomyces ellipsoïdes*, fabricant de vin.

Le *Saccharomyces Mycoderma* ou *Mycoderma vini*, destructeur de l'alcool ;

Le *Saccharomyces cerevisiæ*, brasseur et boulanger ;

Le *Saccharomyces apicus*, fabricant de boissons alcooliques ;

Certaines *Mucédinées*, comme les *Penicilliums* et les *Aspergillus*, qui contribuent à la confection des fromages, et les *Mucor*, qui attaquent le pain, les fruits, etc., sont des champignons microscopiques. Ils doivent être classés parmi les *ferments*, puisqu'ils provoquent autour d'eux des transformations de substances; mais leur taille plus grande et leur organisation plus complexe que celles des êtres unicellulaires appelés aujourd'hui *microbes* ne nous permettent pas de les confondre avec eux.

Les ferments figurés qui ont été reconnus pour des algues, appartiennent tous à la famille des *Bactériacées*.

Dans ce groupe, les cellules sont souvent unies en filaments; elles se reproduisent tantôt par segmentation transversale, tantôt par spores. Ce sont :

1° Les *Micrococcus*, de forme globuleuse et au nombre desquels se trouvent :

Le *Micrococcus aceti*, fabricant de vinaigre ;

Le *Micrococcus nitrificans*, faiseur de nitre ;

Le *Micrococcus lacticus*, qui dédouble le sucre de lait en acide lactique ;

Le *Micrococcus ureæ*, producteur de carbonate d'ammoniaque ;

Le *Micrococcus bombycis*, meurtrier des vers à soie ;

Le *Micrococcus* du choléra des poules ;

Le *Micrococcus* du rouget des porcs.

2° Les *Bacillus*, doués de mouvement, et dont le nom

qui signifie *baguette*, indique la forme. Parmi eux nous connaissons :

Le *Bacillus Amylobacter*, préparateur des fibres textiles ;

Le *Bacillus subtilis*, protecteur de l'Amylobacter ;

Le *Bacillus anthracis*, fléau des animaux domestiques et de l'homme lui-même.

3° Les *Bacteriums*, qui ne diffèrent des Bacillus que par une division plus rapide des cellules. A ce genre appartient le *Bacterium Bombycis*, un agent de mort des vers à soie.

4° Les *Vibrions*, cylindriques, et dont les mouvements rapides et flexueux rappellent ceux des serpents ou des anguilles. A ce genre se rapporte le *Vibrion septique.*

5° Les *Leptothrix*, dont les filaments sont composés de cellules ayant l'aspect de disques empilés les uns sur les autres. Nous avons cité le *Leptothrix buccalis*, qui provoque la carie des dents.

6° Les *Spirochæts*, dont la forme spiralée ne représente probablement, comme chez beaucoup d'autres algues microscopiques, qu'un état passager dû à des circonstances spéciales. Nous avons décrit le *Spirochæta Obermeieri*, auquel on attribue la production de la fièvre récurrente.

FERMENTS FIGURÉS.	CHAMPIGNONS.		*Levûres.* Plus ou moins ovoïdes se reproduisant par bourgeonnement et par spores.	Saccharomices ellipsoïdes.
				— mycoderma.
				— minor.
				— cerevisiæ.
				— apicus.
			Mucédinees. Ayant des fruits formés par des groupes de cellules.	Penicellum glaucum.
				Aspergillus niger.
				Mucor mucedo.
				— circinelloïdes.
	ALGUES.	*Bactériacécs.* Cellules souvent unies en filaments, se reproduisant par ses-sipirales et par spores.	*Microccocus.* Globuleuses.	Microccocus aceti.
				— nitrificans.
				— ureæ.
				— lacticus.
				— bombycis.
				— du choléra des poules.
				— du rouget des porcs.
			Bacillus. Cylindriques, doués de mouvement.	Bacillus amylobacter.
				— subtilis.
				— anthracis.
			Bacteriums. Plus petites que les Bacillus; division des cellules plus rapide.	Bacterium bombycis.
			Vibrions. Cylindriques; mouvements plus rapides que ceux des Bacillus.	Vibrion septique.
			Leptothrix. Ayant l'apparence de disques empilés les uns sur les autres.	Leptothrix buccalis.
			Spirochætes. Spiralées.	Spirochæta obermeieri.
FERMENTS SOLUBLES.			Diastase, présure, caséase, invertine, pepsine, etc.	

CHAPITRE XVII

CONCLUSION

Les travaux dont ce livre donne un court résumé nous conduisent à cette certitude: les ferments respirent, ils se nourrissent, ils se développent, ils se reproduisent, ils meurent; ils sont doués, en un mot, de cet ensemble de facultés et de forces que nous appelons la vie; et c'est étudier celle-ci dans son mode le plus élémentaire que tenter de surprendre les secrets de leur activité.

L'existence d'un animal ou d'un végétal peut, au point de vue chimique au moins, être considérée comme la résultante des manifestations vitales de toutes les cellules qui les composent.

A cet égard, les animaux et les végétaux supérieurs diffèrent-ils des microbes autrement que par la complication des organes et la localisation des fonctions? Les cellules microbiennes et les cellules groupées des tissus n'obéissent-elles pas aux mêmes lois physiologiques? N'ont-elles pas des propriétés de même ordre, souvent des fonctions identiques? Nous avons vu le ferment lactique et certaines cellules de nos organes digestifs avoir la même action, opérer les mêmes transformations, se suppléer les unes les autres. Les globules sanguins, comme les ferments aérobies, sont des agents de combustion.

L'étude des microbes est donc une initiation, une introduction à celle de tous les êtres vivants.

Par le rôle qu'ils jouent sur notre planète, ces mi-

nuscules ne s'imposent pas moins à notre intérêt. Individualités éphémères, mais espèces prodigieusement fécondes, de générations en générations, ils travaillent à la perpétuelle transformation de la matière. Soit directement, soit à l'aide des diastases qu'ils sécrètent, ils sont la force indispensable à son évolution. Si l'équilibre se maintient entre la nature vivante et la nature morte, si la poussière des êtres ne couvre pas le globe, inerte et stérile, si chaque printemps voit reparaître verdure et fleurs nouvelles, nous le devons en grande partie à ces invisibles agents. Ils font des berceaux avec les tombes. Par eux, chaque existence individuelle est une forme passagère de la grande vie universelle qui ne s'éteint pas. Et nous, qui sommes un milliard d'hommes, perdus au milieu de l'immensité du règne cellulaire, livrés aux imperceptibles destructeurs, parce que, nous aussi, si peu que nous comptions dans la masse des êtres, nous sommes de la matière transformable, nous péririons infailliblement, si nous ne trouvions contre eux des moyens victorieux de lutte pour notre existence.

Déjà nous utilisons quelques-uns de ces microscopiques. Ceux-là nous préparent des boissons, des aliments, et sont les infatigables ouvriers de grandes industries. Pour les autres, nous apprendrons à limiter leur reproduction, à atténuer leurs poisons; nous les désarmerons, et si nous ne parvenons à en faire des auxiliaires, au moins cesseront-ils d'être des ennemis redoutables. Nous resterons les maîtres.

Ils ne sont que d'imperceptibles globules; nous, nous avons un cerveau qui pense, qui veut. Et pourtant ce sont eux qui sont les nécessaires, les indispensables. Nous ne saurions nous passer d'eux, et ils n'ont nul besoin de nous. L'homme est une quantité éliminable; il pourrait disparaître sans que le rapport des choses fût modifié. Combien, au contraire, tout serait changé, si le ferment cessait d'exister! Cette pensée nous trouble.

Nous nous demandons quel rôle est le nôtre sur le globe, puisque l'infime cellule y a plus d'importance que nous?

Les *Infiniment petits* et les *Infiniment grands* sont aux deux pôles de la nature; une distance infranchissable nous sépare des uns et des autres. Monde des microbes et monde des soleils, ils peuplent l'infini. Ils sont dans l'immensité le nombre sans numération Notre mathématique ne les compte pas. Nous n'avons point pour eux de réelle mesure. Nos sens ne les saisissent pas. Ils nous échappent dans leur ensemble. L'imagination les entrevoit, mais s'effraye à les considérer; et nous ne pouvons arrêter sur eux notre esprit sans être pris du vertige de ceux qui se penchent sur des abîmes sans fond.

FIN.

TABLE DES MATIÈRES

CHAPITRE PREMIER.

FERMENTATION ALCOOLIQUE. — SACCHAROMYCES ELLIPSOÏDES. LE VIN.

CHAPITRE II.

FERMENTS SOLUBLES OU DIASTASES.

CHAPITRE III.

FERMENTATION ALCOOLIQUE. — SACCHAROMYCES CEREVISIÆ. LA BIÈRE.

CHAPITRE IV.

FERMENTATION ALCOOLIQUE. — SACCHAROMYCES CEREVISIÆ. LE PAIN.

CHAPITRE V.

FERMENTATION ALCOOLIQUE. — SACCHAROMYCES CEREVISIÆ. ALCOOL DE GRAINS.

CHAPITRE VI.

FERMENTATION ALCOOLIQUE. — DIVERSES BOISSONS FERMENTÉES.

CHAPITRE VII.

FERMENTS DES MALADIES DES VINS.

CHAPITRE XII.

FERMENTATIONS PUTRIDES. — CONSERVES ALIMENTAIRES.

CHAPITRE XIII.

MICROBES DES MALADIES CONTAGIEUSES.

CHAPITRE XIV.

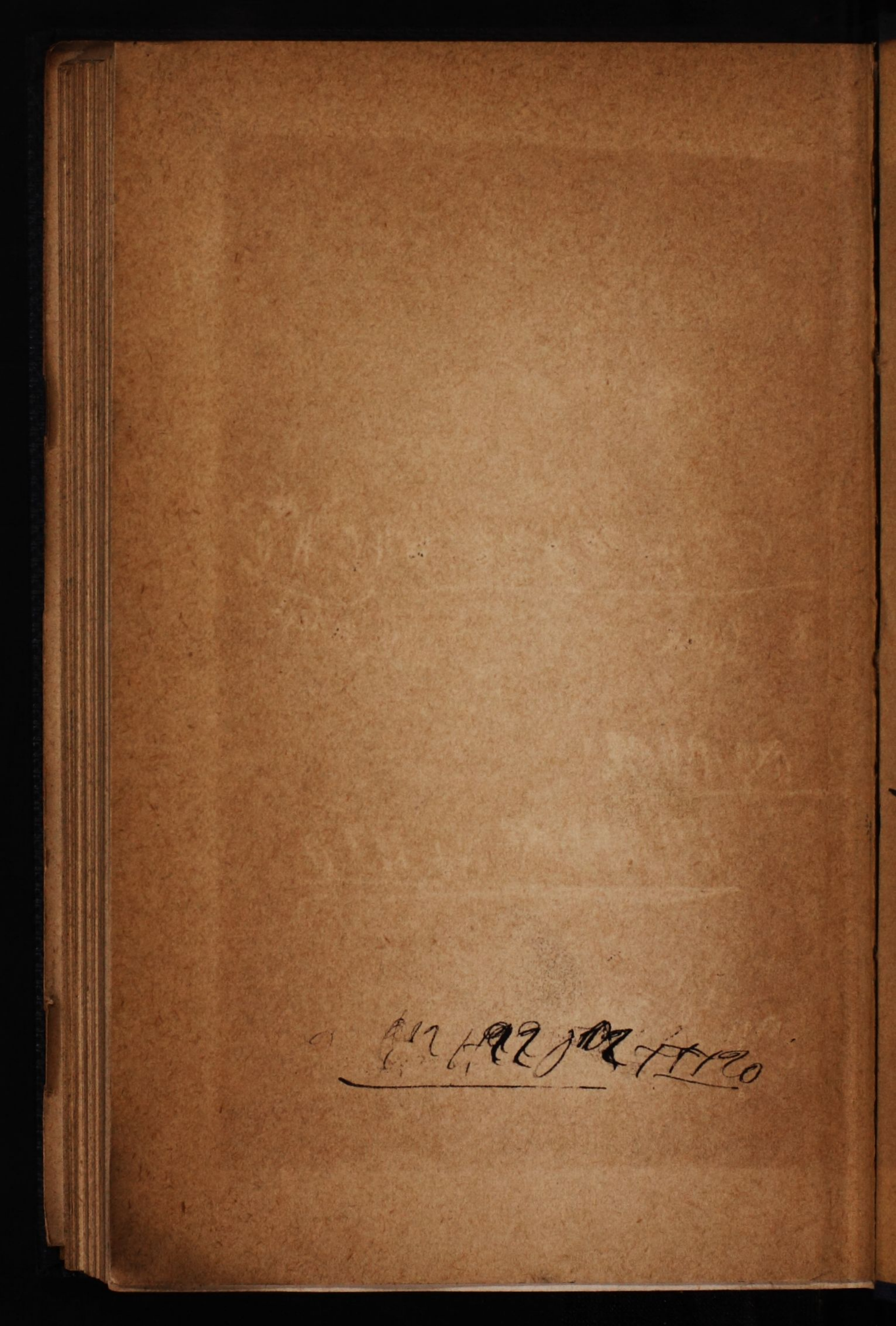
LES MICROBES COLORISTES.

CHAPITRE XV.

RÉSUMÉ HISTORIQUE.

Paris, imprimerie A. Lahure, rue de Fleurus, 9





$C^6H^{14}O^6$

$C^{12}H^{16}O^{12} = 4C^3H^6O^3$

lactose. ac. lact.

$C^{12}H^{?}O^{12}$!

$C^{12}H^{22}O^{11} + H^2O$

$C^{12}H^{22}O^{11} =$ C^3

